



Universitat de Lleida

**Aprenentatge dialògic de les ciències
per indagació amb suport de
tecnologia 2.0:
*un estudi en la formació inicial del professorat***

Alba Guiral i Herrera

<http://hdl.handle.net/10803/461185>



Aprenentatge dialògic de les ciències per indagació amb suport de tecnologia 2.0: un estudi en la formació inicial del professorat està subjecte a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-CompartirIgual 4.0 No adaptada de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

(c) 2017, Alba Guiral i Herrera

Tesi doctoral

**Aprenentatge dialògic de les ciències
per indagació amb suport de
tecnologia 2.0:
*un estudi en la formació inicial del professorat***

Alba Guiral i Herrera

Memòria presentada per optar al grau de Doctor per la Universitat de Lleida
Programa de doctorat: 1303 Doctorat en Educació, Societat i Qualitat de Vida

Directora: Dra. Manoli Pifarré i Turmo



Universitat de Lleida

Lleida, setembre de 2017

SE ACABARON LAS LECCIONES INDIVIDUALES... ¡HAY QUE SER ACTOR Y NO ESPECTADOR! BLA BLA BLA HAREMOS **INVESTIGACIÓN.**



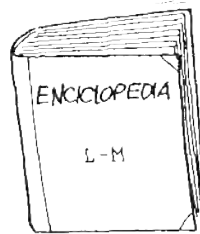
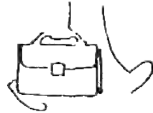
¿PUEDO HACER...
INVESTIGACIÓN
¿PODRÍA
PROPORCIONAR?

PARA MAÑANA QUE CADA UNO ME TRAIGA UNA INVESTIGACIÓN SOBRE...
MESOPOTAMIA.

¿MESO...?
¿MESOPOTAMIA?



¿MESOPOTAMIA?
¿QUIEN ME AYUDA...? ¿DONDE ESTA?
¿QUIZA
PAPA...
¿INVESTIGACIÓN?



Mesopotamia.
Región bla bla
bla delimitada
por dos ríos bla
bla y el Tigris
bla bla habitada
por bla bla
Asirios bla bla.



FRATO '74

Francesco Tonucci, 1974

Just as the largest library, which is badly arranged, is not as useful as a well arranged moderate one, therefore, the greatest amount of knowledge if not elaborated by your own thoughts, is worth much less than a far smaller volume that has been abundantly and repeatedly thought over.

Arthur Schopenhauer

*Als meus alumnes i als meus professors,
que sovint ens intercanviem els papers
i això ens fa autèntics*

Agraïments

Aquesta tesi no hauria estat possible sense el diàleg igualitari, la reflexió conjunta i en definitiva el treball dialògic que hem desenvolupat i construït entre moltes persones. Per tant la tesi que llegiu és el fruit d'aquesta interacció.

Vull agrair en primer lloc a la **Dra. Anna Gené Duch** que confiés en mi i m'engresqués a fer la tesi. Estic profundament agraïda a ella per la manera com em va ensenyar a mirar, comprendre i valorar l'educació científica i la formació del professorat. Voldria no oblidar-ho mai. Recordo com em meravellava assistir d'oïent a les seves classes i adonar-me de la senzillesa i elegància amb què exposava als alumnes models científics complexos, però sense perdre rigor ni profunditat. L'Anna ensenyava a fer ciència per pensar científicament. Aprecio i mantinc present la paraula "afectuosament" amb què sempre tancava els correus electrònics. La Dra. Anna Gené mostrava un afecte veritable i sincer per la dedicació, l'esforç i les paraules amb què es dirigia a qui treballàvem i apreníem amb ella. Estic convençuda que els seus alumnes i companys l'apreciem i la recordem avui, que malauradament ja no hi és, per l'afecte, l'entusiasme i la qualitat dels seus ensenyaments.

Dono les gràcies a la **Dra. Manoli Pifarré Turmo** en primer lloc per haver acceptat de bon grat dirigir aquesta tesi malgrat l'absència de la Dra. Anna Gené i valoro molt l'esforç que ha fet per obrir-se a l'àmbit de recerca en didàctica de les ciències experimentals. D'altra banda, estic contenta que ella m'hagi oferit l'enfocament de la recerca en psicologia i considero que l'hem sabut complementar satisfactòriament amb la didàctica de les ciències. Hem patit conjuntament el que considero que ha estat el procés més difícil que he hagut de fer: comprendre les estructures i l'enfocament de la recerca en educació i aplicar el canvi de paradigma, donat que provinc del món de les ciències experimentals. Penso que finalment ho hem aconseguit. Agraïxo les seves reflexions, dedicació i avaluació d'un text que no m'esperava que pogués tenir "tanta substància". I també vull destacar que agraïxo l'ajuda i suport moral que m'ha ofert sobretot durant la fase final d'escriptura de la tesi, ja que ha estat tot un repte compaginar amb la meua jornada laboral a l'institut. Aprecio la seva experiència en recerca i que m'hagi obert les portes a participar al projecte Metafora i, posteriorment, al projecte de creativitat. A partir d'aquests dos projectes hem dissenyat les propostes didàctiques del projecte "Bec o no?", "Els secrets de l'aigua" i "Microorganismes per tot arreu", que aplico tant amb els alumnes del Grau d'Educació Primària com amb els alumnes de secundària de l'institut. A més, també he après a estudiar i comprendre el procés d'aprenentatge dels alumnes per poder prendre decisions de com incidir-hi per promocionar la millora dels seus aprenentatges, així com replantejar les activitats formatives a partir de l'anàlisi dels resultats d'aprenentatge. Per tant, valoro molt positivament el rendiment que he tret de les diferents investigacions amb les que he participat i considero que enriqueixen enormement la meua tasca docent. Per últim, considero que la Dra. Manoli Pifarré ha contribuït a formar-me per desenvolupar activitats de recerca amb autonomia.

Agraïxo a tots els membres del grup de recerca CONTIC el suport i l'ajuda que m'han oferit durant aquests anys de tesi. Destaco el bon ambient de grup i els dinars i sopars que ja s'han establert com un "must" del principi de curs, Nadal i final de curs. Vull agrair especialment a la futura doctora **Laura Martí** l'ajuda que m'ha oferit en la recollida i processament de dades a la qual ha contribuït amb rigor, així com el recolzament moral i la comprensió durant les fases més costoses i solitàries d'aquest procés de treball. També vull agrair a la futura doctora **Noemí Font**, que em va ajudar molt al meu primer any com a docent de secundària, el seu recolzament constant durant tot el procés de treball.

Vull donar el meu més sincer agraïment a la professora **Mercè del Barrio**. També és membre del grup de recerca CONTIC, Catedràtica d'Educació Secundària, va ser la meua professora de biologia

de l'Institut, la meua tutora de centre de pràctiques del Certificat d'Aptitud Pedagògica, vam fer juntes el Màster de Recerca Educativa i actualment compartim i impartim amb passió col·laborativament l'assignatura d'Aprenentatge de les Ciències Experimentals de 3r curs del Grau d'Educació Primària a la Universitat de Lleida. Amb la Mercè vaig desenvolupar la que considero que va ser la meua primera investigació rigorosa: el treball de recerca de batxillerat titulat "Un ictiosaure en plena Noguera" i amb el què posteriorment vam guanyar un premi de recerca. Ella em va obrir les portes del món de la indagació científica a partir de les investigacions que fèiem a l'assignatura de Biologia de 1r i 2n de batxillerat. Amb ella he après que els professors no es fan grans ni passen de moda. He après que els professors autèntics "curren" molt, se'n van a dormir tard acabant de preparar classes, exàmens o projectes i tot això ho fan amb il·lusió i convenciment. Mai repeteixen igual un curs i els apassiona formar-se, innovar i aprendre amb els alumnes. La Mercè em va descobrir la biologia de la manera com ella l'entén i la viu, amb rigor, complexitat, sensibilitat i passió. Per a mi ha estat una inspiració i un puntal per desenvolupar una professió que considero que per a mi és vocacional, així com ho és també per a ella. Et dono les gràcies també, Mercè, per l'ajuda que m'has donat durant tot el procés de tesi, el disseny del projecte "Bec o no?" i el disseny del processament de dades. I també t'agraeixo les reflexions sobre el treball, els ànims i el teu reconeixement, que per a mi té molt valor. És un plaer treballar amb tu i aprendre amb tu, espero que ho puguem continuar fent.

Agraeixo també als **companys de l'Institut Josep Lladonosa** de Lleida el seu suport durant el desenvolupament de la fase final d'escriptura del document de tesi. Especialment vull agrair a la companya de Física i Química i amiga **Núria Tous** el seu recolzament incondicional els dies bons i dolents, la paciència i la seva alegria, que s'encomana d'allò més. És un plaer treballar amb tu, construir projectes juntes i és clar, anar de concert al cafè del teatre.

Agraeixo als meus amics que han sabut entendre les meves absències, m'han tret a passeig quan ha estat necessari i m'han recolzat de principi a fi, sobretot la **Natàlia**, la **Núria**, l'**Anna**, la **Marta**, la **Meri** i l'**Adri**. A la **Natàlia** també li agraeixo els malabars que ha fet entre fer de mare i de correctora lingüística. Al **Ramon** li agraeixo l'ajuda que m'ha donat amb l'estadística. A la **Rosa** li agraeixo el seu esforç i dedicació en la minuciosa tasca de correcció lingüística que ha fet. I al **Bosa**, li agraeixo els savis consells basats en l'experiència de dos Postdocs en matemàtiques i en haver voltat per Barcelona, Escòcia i Austràlia. M'agrada saber que per damunt de tot valora l'educació i que, per a ell, també és vocacional.

El **Joan**, company de vida, ha sabut estar al meu costat i recolzar-me des de bon principi. Tot i la perplexitat amb què ha observat les diferències entre un doctorat en educació combinat amb les jornades laborals a l'Institut i a la Facultat i un en veterinària amb beca i dedicació a temps complet, ha procurat comprendre-ho i ajudar-me. I quan no ho entenia, m'ajudava igualment. M'ha animat en els moments difícils i m'ha aportat els seus valors de constància i perseverança. Joan, ens compensem. Ha suportat amb paciència i ha fet que anessin a bon port els meus múltiples "- A veure, vine, que et llegeixo això i em dius si s'entén" i els "- prfff ja no puc més", però també els "- ostres, mira que bona aquesta idea!" i "- per fi he lligat això amb allò". Moltes gràcies Joan, estic segura que tirarem endavant molts projectes junts.

En darrer lloc vull donar gràcies a la meua família. Al tiet **Lluís** pels seus consells basats en l'experiència però que amb cautela sempre començava amb "fa 20 anys, quan la vaig fer jo..." i pel "què, com portes la tesi?". A la tieta **Esperança** per l'orientació lingüística. A la **Catineu** per la revisió de l'anglès, gràcies també. A la **Marieta** (Tata) que va patir un dels projectes quan va ser alumna meua a 3r de Grau d'Educació Primària i hi va participar amb entusiasme. Desitjo que ben aviat puguis trobar el teu lloc com a mestra i amb la teva dolçor i vocació eduquis a molts nens i nenes.

Per últim, m'emociona agrair al **pare** i la **mare** que m'hagin ajudat a arribar fins aquí. Gràcies per participar en la meva educació des que em vau portar al món fins avui i espero que ho pugueu continuar fent molts anys més. És evident que no em refereixo a una participació econòmica, només faltaria!, estic pluriocupada a dia d'avui. Heu contribuït a la meva formació des de l'amor i la quotidianitat amb una paciència que arriba fins al cel. Vau batallar perquè assolís uns hàbits i pogués ser una persona autònoma. Casa sempre va ser i, encara ho és avui, un lloc on es consumeix cultura sense complexos. Els documentals i els llibres de ciència i art ocupen un temps i un lloc destacable i els considerem les nostres joies brillants, mai n'hem consumit d'altre tipus. Als 18 anys em vau recolzar per poder accedir a estudiar a Bellaterra allò que havia anat descobrint des de ben petita que m'apassionava, la Biologia. Amb el pare anàvem a fer caminades per Alòs de Balaguer per preparar-me el *visum* de botànica. I la mare suportava els meus nervis dels exàmens tant per telèfon com el cap de setmana quan baixava a Lleida. Era sentir la seva veu i més de la meitat s'esvaïen. Em vau recolzar incondicionalment quan vaig tornar a Lleida en plena crisi i no hi havia manera de trobar feina. Jo estava molt preocupada, m'heu ensenyat a ser una persona curiosa, inquieta i activa i la idea de ser una "ni-ni" em pertorbava. Poc a poc, estant de voluntària aquí i allí i agafant petites feines vaig anar definint el meu camí, vaig estudiar el màster en Recerca Educativa, idiomes i ara la tesi. Vist amb perspectiva, ben bé heu fet una feinada amb mi,... sort que només en teniu una! I jo em sento afortunada de tenir-vos als dos. Moltes gràcies.

ÍNDEX GENERAL

RESUM	14
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
PART 1- Introducció General	18
1. INTRODUCCIÓ	19
2. OBJECTIUS GENERALS	22
PART 2- Marc teòric	24
1. INTRODUCCIÓ	25
CAPÍTOL 1. LA PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL DE L'ENSENYAMENT-APRENENTATGE DE LES CIÈNCIES	27
1. Els artefactes culturals.....	30
1.1. El llenguatge.....	30
1.2. La tecnologia web 2.0 com artefacte multisimbòlic i mediador cultural.....	31
2. Aprendre interaccionant amb els altres	33
2.1. L'evolució cap a un cervell social	33
2.2. Un cervell social per pensar conjuntament	36
2.3. La perspectiva dialògica de l'aprenentatge: una proposta fonamentada en la interacció.....	38
2.4. L'aprendre a aprendre junts	40
2.4.1. El lideratge distribuït.....	43
2.4.2. El compromís mutu	43
2.4.3. L'avaluació entre iguals	43
2.4.4. Reflexió de grup al voltant del procés d'aprenentatge	44
3. Del raonament col·lectiu al raonament individual	44
4. Síntesi	45
CAPÍTOL 2. ENSENYAMENT I APRENENTATGE DE LES CIÈNCIES BASAT EN LA INDAGACIÓ	47
1. Marc contextual: l'educació científica a Europa	47
2. La indagació com a opció metodològica per a l'educació científica a les aules del segle XXI	48
2.1. Evidències científiques de l'efectivitat de l'IBSE	50
3. Evolució de l'ensenyament-aprenentatge de les ciències basat en la indagació	51
4. Conceptualització de l'IBSE?	52
4.1. Característiques comunes de les activitats de ciències basades en la indagació ..	53
5. No tot s'hi val: l'IBSE a judici	54
6. Disseny d'activitats d'ensenyament-aprenentatge de les ciències basat en la indagació.....	57
6.1. L'aprenentatge de les ciències basat en la indagació i l'aprenentatge per projectes.....	62
7. Rol del docent en l'ensenyament de les ciències basat en la indagació i les necessitats formatives d'aquest	64
8. Ajudes pedagògiques per a l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació	67
8.1. Els cicles d'indagació en ciències	67
8.1.1. El cicle de les 5E's	68
8.1.2. Procés individual d'indagació	70

8.1.3.	El cicle d'indagació genèric.....	72
8.1.4.	Cicle d'indagació per a l'aprenentatge basat en casos, problemes i projectes	73
8.1.5.	Cicle d'indagació constructivista	74
8.1.6.	Cicle d'indagació progressiva	77
8.1.7.	Cicle d'indagació contemporani	79
8.1.8.	Síntesi de propostes.....	81
8.2.	Habilitats i processos científics implicats en la indagació.....	85
8.2.1.	Síntesi de processos d'indagació	88
CAPÍTOL 3. ENTORNS TECNOLÒGICS D'APRENENTATGE QUE DONEN SUPORT A LA INDAGACIÓ 90		
1.	Característiques dels entorns tecnològics d'aprenentatge que donen suport a la indagació: comparació entre quatre exemples	92
1.1.	Exploració de contextos científics autèntics i significatius	92
1.2.	Ús de visualitzacions	93
1.3.	Suport a la col·laboració.....	94
1.4.	Desenvolupament de l'aprenentatge autònom i activació de processos metacognitius.....	95
2.	Ajudes a l'aprenentatge en els entorns tecnològics que donen suport a l'aprenentatge de les ciències per indagació.....	96
2.1.	El disseny d'ajudes a l'aprenentatge per indagació en ciències en els entorns tecnològics d'aprenentatge que donen suport a la indagació	97
2.2.	Ajudes específiques a l'aprendre a aprendre junts en els entorns tecnològics d'aprenentatge que donen suport a la indagació dialògica en ciències	113
3.	Síntesi	118
CAPÍTOL 4. LA FORMACIÓ DEL PROFESSORAT DE CIÈNCIES120		
1.	L'actitud i les creences dels futurs docents sobre l'IBSE	121
2.	Desenvolupament professional dels docents per educar amb efectivitat en la indagació en ciències.....	123
2.1.	Perfil professional dels docents per educar en la indagació en ciències.....	124
CAPÍTOL 5. EL PROJECTE METAFORA		
1.	El projecte	128
1.1.	Equip humà.....	128
1.2.	Objectius	129
2.	La plataforma Metafora	130
2.1.	Les ajudes a l'aprenentatge de la plataforma Metafora	132
2.1.1.	El repte	132
2.1.2.	Els micromons.....	133
2.1.3.	L'eina de planificació: el pensament visual	136
2.1.3.1.	Icones per a les etapes de la indagació científica	141
2.1.3.2.	Icones per als processos i habilitats de la indagació científica	142
2.1.3.3.	Icones per a les actituds.....	143
2.1.4.	Les eines de discussió: el xat i LASAD.....	147
2.1.5.	Eines dissenyades específicament per ajudar els alumnes a prendre consciència del procés d'aprendre a aprendre junts.....	149
3.	Aprendre amb Metafora	154

PART 3- Disseny de la Recerca	156
1. Introducció	157
CAPÍTOL 1. OBJECTIUS, PREGUNTES DE RECERCA I METODOLOGIA	158
1. Concreció dels objectius dels estudis	158
2. Preguntes de recerca	158
3. Metodologia de recerca	159
3.1. L'estudi de cas	160
3.2. Enfocament per als anàlisis de dades	160
3.2.1. Anàlisi qualitatiu	161
3.2.2. Anàlisi quantitatiu	161
3.2.3. Anàlisi multimètode	162
3.3. Tècniques de recopilació d'evidències	163
3.3.1. Tècniques observacionals	163
3.3.2. Tècniques de reportatge	164
3.3.2.1. La prova d'avaluació sobre el coneixement científic	165
i. Part 1: el mapa conceptual	168
ii. Part 2: el cas pràctic	170
3.3.3. El mapa Metafora	173
CAPÍTOL 2. LA INTERVENCIÓ: EL PROJECTE "BEC O NO?"	175
1. Participants	175
2. Model pedagògic i principis educatius	175
3. Contribució del projecte a la formació dels futurs docents	178
3.1. Àmbit del coneixement on s'emmarca el projecte	179
3.1.1. Continguts d'aprenentatge	181
4. Materials	182
5. Descripció del disseny del projecte	183
5.1. El repte	183
5.2. Activitats i ajudes a l'aprenentatge que configuren el projecte	187
5.3. Seqüència d'ensenyament-aprenentatge	195
PART 4- Estudis	198
1. Introducció	199
E1. ESTUDI DELS RESULTATS D'APRENTATGE	202
1. Introducció	202
2. Pregunta de recerca	203
3. Objectius de recerca	203
4. Metodologia	203
4.1. Participants	203
4.2. Materials	203
4.3. Disseny i procediment d'anàlisi de dades	203
4.3.1. Avaluació dels resultats de la prova	205
4.3.1.1. Construcció de les categories per avaluar els ítems	205
4.3.1.2. Validació de la fiabilitat de l'avaluació del test	209
5. Resultats i discussió	209
5.1. Test de Kappa de Cohen	209
5.2. Anàlisi estadístic descriptiu	209
5.3. Anàlisi estadística inferencial	210
6. Conclusions	212

E2. ESTUDI DE LA QUALITAT DE L'APRENENTATGE: GENERACIÓ DE SIGNIFICAT CIENTÍFIC I HABILITATS D'INDAGACIÓ	214
1. Introducció	214
2. Preguntes de recerca	215
3. Objectius de recerca	215
4. Metodologia.....	215
4.1. Participants.....	215
4.2. Materials.....	215
4.3. Disseny i procediment d'anàlisi de dades	215
4.3.1. La construcció del coneixement sobre continguts científics.....	218
4.3.1.1. Continguts científics.....	218
4.3.1.2. Grau de complexitat del mapa conceptual.....	218
4.3.1.3. Anàlisi quantitativa del mapa conceptual	220
4.3.1.4. Anàlisi qualitativa del mapa conceptual.....	221
4.3.2. Adquisició d'habilitats d'indagació	224
5. Resultats i discussió.....	225
5.1. Anàlisi de la construcció del coneixement sobre continguts científics.....	225
5.1.1. Anàlisi quantitativa	226
5.1.2. Anàlisi qualitativa de cinc alumnes	227
5.1.2.1. Alumna 1.....	228
i. Taula d'anàlisi de l'evolució.....	229
ii. Arquitectura	230
iii. Contingut	230
iv. Conclusió.....	232
5.1.2.2. Alumna 2.....	232
i. Taula d'anàlisi de l'evolució.....	233
ii. Arquitectura	234
iii. Contingut	235
iv. Conclusió.....	237
5.1.2.3. Alumna 3.....	237
i. Taula d'anàlisi de l'evolució.....	238
ii. Arquitectura	239
iii. Contingut	239
iv. Conclusió.....	241
5.1.2.4. Alumna 4.....	241
i. Taula d'anàlisi de l'evolució.....	242
ii. Arquitectura	243
iii. Contingut	244
iv. Conclusió.....	244
5.1.2.5. Alumna 5.....	244
i. Taula d'anàlisi de l'evolució.....	245
ii. Arquitectura	246
iii. Contingut	246
iv. Conclusió.....	246
5.1.2.6. Síntesi	246
5.2. Anàlisi de l'adquisició o millora d'habilitats d'indagació.....	249
5.2.1. Coneixements previs sobre habilitats d'indagació: Pretest	251
5.2.2. Millora o adquisició d'habilitats d'indagació: Postest	253

5.2.3. Síntesi de l'adquisició o millora d'habilitats d'indagació.....	258
6. Conclusions	259
E3. ESTUDI DE L'IMPACTE DEL PENSAMENT DE GRUP EN L'APRENTATGE	262
1. Introducció	262
2. Preguntes de recerca	263
3. Objectius.....	263
4. Metodologia.....	263
4.1. Participants.....	263
4.2. Materials.....	263
4.3. Disseny i procediment d'anàlisi de dades	264
5. Resultats i discussió	265
5.1. Resultats generals	266
5.1.1. Anàlisi descriptiva	266
5.1.2. Anàlisi inferencial de l'aprenentatge individual en funció dels coneixements previs	272
5.2. Anàlisi de l'efectivitat del pensament de grup	278
5.2.1. Mètode de mesura del pensament de grup.....	278
5.2.2. Valor que afegeix el pensament de grup	280
5.3. Introducció a l'exploració de la interacció	282
6. Conclusions	291
PART 5- Conclusions Finals	294
1. Conclusions	295
2. Contribucions	299
3. Limitacions i futures línies de recerca	301
PART 6- Referències	302
PART 7- Annexos	336
Annex 1- Prova d'avaluació del projecte "Bec o no?"	
Annex 2- Currículum vitae Alba Guiral i Herrera	

ÍNDIX DE FIGURES

<i>Figura 1. Ràtio del neocòrtex com a mesura de la mida del cervell en diferents grups de primats. Font: Dunbar (1998, p. 180)</i>	35
<i>Figura 2. Elements principals del PBL (BIE, 2012)</i>	63
<i>Figura 3. Origen i desenvolupament del model instruccional de les 5E's (Bybee et al., 2006)</i>	69
<i>Figura 4. Model d'indagació individual (Anastopoulou et al., 2012)</i>	71
<i>Figura 5. Representació de la proposta del cicle d'indagació genèric (Shimoda et al., 2002)</i>	72
<i>Figura 6. Pantalla principal del software STAR LEGACY i proposta de cicle d'aprenentatge (Schwartz et al. 1999)</i>	73
<i>Figura 7. Cicle d'indagació constructivista (Llewelyn, 2002)</i>	76
<i>Figura 8. Elements que configuren el procés d'indagació progressiva (Hakkarannien, 2010)</i>	78
<i>Figura 9. La nostra proposta de cicle d'indagació</i>	85
<i>Figura 10. Revisió de la Taxonomia de Bloom. Classificació de les habilitats i processos científics implicats en la indagació</i>	87
<i>Figura 11. Correspondència entre les habilitats de pensament de la Taxonomia de Bloom revisada i les habilitats i processos específics implicats en la indagació en ciències de Wenning (2005)</i>	88
<i>Figura 12. Editor del Energy Skate Park (Podolefsky et al., 2014, p.21) que permet als alumnes identificar relacions entre variables</i>	100
<i>Figura 13. Visualització integrada a la unitat de termodinàmica a WISE (Chang & Linn, 2013, p.860)</i>	100
<i>Figura 14. "Knowledge Integration Enviroment" (KIE) (Quintana et al., 2004, pàg. 350)</i>	101
<i>Figura 15. Activitat de crítica i avaluació a WISE sobre l'experiment de la Mary (Chang & Linn, 2013, p.865)</i>	102
<i>Figura 16. Graella de registre del comportament de la Plataforma "Animal Landlord" (Quintana et al., 2004, pàg. 353)</i>	103
<i>Figura 17. Selecció de recursos multimèdia clau per al desenvolupament del projecte "Bec o no?" inclosos a la plataforma Metafora</i>	105
<i>Figura 18. Llista de control dels processos d'indagació a KIE (Quintana et al., 2004, p.362)</i>	106
<i>Figura 19. Espai que ofereix IdeaKeeper on els alumnes poden registrar els processos de la indagació(Zhang & Quintana, 2012, p.184)</i>	106
<i>Figura 20. Indicació introduïda per part del docent per promoure la reflexió durant un procés de discussió (Ben-Horin, et al., 2016, p. 7E)</i>	107
<i>Figura 21. Assessorament expert sobre la construcció d'hipòtesis. Indicació a la part superior dreta. Projecte "Microorganismes per tot arreu" a la plataforma Cacao.</i>	108
<i>Figura 22. Projecte "Microorganismes per tot arreu" a la plataforma Cacao, que permet als alumnes construir diagrames</i>	109
<i>Figura 23. Eina de cerca guiada de SCY-Lab (van Dijk & Lazonder, 2016, p.5)</i>	111

<i>Figura 24. Espai de síntesi de IdeaKeeper (Zhang & Quintana, 2012, p.185)</i>	<i>112</i>
<i>Figura 25. Activitat sobre intervenció psicopedagògica a l'entorn web 2.0 KnowCat. Integració de les ajudes a l'aprenentatge col·laboratiu (Pifarré et al., 2014, p.303)</i>	<i>115</i>
<i>Figura 26. Radar integrat a VCRI (Phielix et al., 2011, p.1093)</i>	<i>116</i>
<i>Figura 27. Entorn d'aprenentatge on s'integren les ajudes de suport a la col·laboració dissenyades per Dehler et al. (2011, p.170). A la dreta, a dalt, material d'ensenyament-aprenentatge. A la dreta a baix, àrea de col·laboració. A l'esquerra, eina de visualització del coneixement dels companys</i>	<i>117</i>
<i>Figura 28. Captura de pantalla de la presentació de la plataforma Metafora.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 29. Relació entre les variables clau del L2L2 i les eines i funcionalitats integrats a la plataforma Metafora (Dragon et al., 2013, p.16).....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 30. Presentació de eXpresser. A l'esquerra, construcció de les propietats del patró verd. A la dreta, regla general per a l'establiment del nombre total de rajoles del model (Dragon, McLaren, Mavrikis, & Geraniou, 2012, p.4).....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 31. Exemple del micromón Pirates of the Kinematics Island (PiKi) a Metafora (Irgang, Sattes, Pfahler, Lingnau & Harrer 2013, p. 13).....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 32. Micromón My Sus-city sobre sostenibilitat (Daskolia & Kynigos, 2012, p. 820).....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 33. Micromón Juggler (Smyrniou, Foteini, & Kynigos, 2012, p.237).....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 34. Micromón Juggler 3D, evolució de Juggler (Smyrniou, Moustaki, Yiannoutsou & Kynigos, 2012, pàg. 31).....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 35. Mapa conceptual amb què Kinchin i col·laboradors (2000) resumeixen l'aplicació dels mapes conceptuals per a la promoció de l'aprenentatge en grups col·laboratius.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 36. Característiques dels 6 barrets per pensar de Edward de Bono (1992). Font: Paul Foreman</i>	<i>144</i>
<i>Figura 37. Xat integrat a la plataforma Metafora</i>	<i>147</i>
<i>Figura 38. Opcions per al tipus d'intervenció que es fa a LASAD.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 39. Mapa de discussió LASAD que s'enllaça a la icona – en aquest cas de la fase d'experimentació – provinent del diagrama de l'eina de planificació.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 40. Integració a la plataforma Metafora de les eines dissenyades específicament per ajudar els alumnes a prendre consciència del procés d'aprendre a aprendre junts</i>	<i>150</i>
<i>Figura 41. Eina de notificacions (Dragon et al., 2013, pàg. 28-29)</i>	<i>152</i>
<i>Figura 42. Eina de reflexió (Pfahler, 2011, pàg.77)</i>	<i>154</i>
<i>Figura 43. Seqüència d'activitats pròpia del desenvolupament d'un cicle d'aprenentatge suportat per Metafora sobre ciències o matemàtiques (Schwarz et al., 2010, pàg. 3)</i>	<i>155</i>
<i>Figura 44. Exemple de preguntes i categories per avaluar la resposta dels alumnes. Al requadre superior, exemple de pregunta oberta que avalua el coneixement sobre continguts científics. Al requadre inferior, exemple de pregunta de resposta múltiple amb explicació amb què s'avalua la connexió que fa l'alumnat entre idees científiques i el seu raonament. Font: adaptat de Raes et al. (2012, pàg. 11)</i>	<i>166</i>
<i>Figura 45. Segona part de la prova de coneixements científics.....</i>	<i>170</i>

<i>Figura 46. Captura de pantalla d'un exemple de mapa Metafora en construcció.....</i>	<i>173</i>
<i>Figura 47. Representació del model pedagògic que definim en aquesta tesi doctoral.....</i>	<i>176</i>
<i>Figura 48. Representació de les interaccions de les ciències integrades en les Ciències de la Terra.</i>	<i>180</i>
<i>Figura 49. Respresentació del concepte del riu com un continu "River Continuum Concept" de Vannote et al. (1980). Font: Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices, 10/98, by the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG).....</i>	<i>182</i>
<i>Figura 50. Pantalla de la plataforma Metafora on s'inclou la presentació del repte del projecte "Bec o no?".....</i>	<i>184</i>
<i>Figura 51. Esquema del raonament sociocientífic. Font: Romine et al. (2016, pàg. 291).....</i>	<i>186</i>
<i>Figura 52. Proposta de cicle d'indagació del grup de treball de la Universitat de Lleida.....</i>	<i>192</i>
<i>Figura 53. Representació dels elements que conformen la recerca i la relació entre ells. Identificació dels quatre estudis.</i>	<i>199</i>
<i>Figura 54. Representació dels elements que conformen l'Estudi 1 i la relació entre ells.....</i>	<i>204</i>
<i>Figura 55. Histogrames de representació dels resultats de pretest i postest amb corba de distribució normal.....</i>	<i>211</i>
<i>Figura 56. Representació dels elements que conformen l'estudi 2 i la relació entre ells.</i>	<i>216</i>
<i>Figura 57. Exemples d'esquemes generals dels tipus de mapes conceptuals segons la seva estructura. Adaptat de Kinchin et al. (2000).....</i>	<i>219</i>
<i>Figura 58. Interpretació de l'arquitectura dels mapes conceptuals (estructura i nombre d'idees) de pretest i postest de l'alumna 1. Destaquem en color roig la posició del concepte central de "Potabilitat de l'aigua".....</i>	<i>230</i>
<i>Figura 59. Detall de la incorporació dels processos d'indagació al mapa conceptual de postest de l'Alumna 1. Es delimiten els conjunts amb els requadres blaus i es caracteritzem amb la icona del procés d'indagació amb què s'ha treballat a la plataforma Metafora.....</i>	<i>231</i>
<i>Figura 60. Interpretació de l'arquitectura dels mapes conceptuals (estructura i nombre d'idees) de pretest i postest de l'alumna 2. Destaquem en color roig la posició del concepte central de "Potabilitat de l'aigua".</i>	<i>234</i>
<i>Figura 61. Únic empaquetament d'idees que fa l'alumna 2 al seu mapa conceptual, corresponent als paràmetres de potabilitat.</i>	<i>235</i>
<i>Figura 62. Detall de la incorporació dels processos d'indagació al mapa conceptual de postest de l'Alumna 2. Es delimiten els conjunts amb els requadres blaus i es caracteritzem amb la icona del procés d'indagació amb què s'ha treballat a la plataforma Metafora.....</i>	<i>236</i>
<i>Figura 63. Detall de la regió del mapa conceptual de postest de l'Alumna 3 on s'incorporen els processos d'indagació. Es delimiten els conjunts amb els requadres blaus i es caracteritzem amb la icona del procés d'indagació amb què s'ha treballat a la plataforma Metafora.....</i>	<i>240</i>

<i>Figura 64. Interpretació de l'arquitectura del mapa conceptual (estructura i nombre d'idees) de l'alumna 4. Destaquem en color roig la posició del concepte central de "Potabilitat de l'aigua" i en color blau fosc la segona capa d'aprofundiment en les idees.....</i>	<i>243</i>
<i>Figura 65. Representació de les mitjanes de les qualificacions de cada ítem d'avaluació per pretest i postest</i>	<i>250</i>
<i>Figura 66. Increment de cadascun dels ítems avaluats a la Part 2 de la prova d'avaluació</i>	<i>254</i>
<i>Figura 67. Correspondència entre la qualificació dels ítems del postest, que impliquen el desenvolupament d'habilitats d'indagació, amb les etapes del cicle d'indagació contemporani de Pedaste i col·laboradors (2015).....</i>	<i>257</i>
<i>Figura 68. Representació dels elements que conformen l'Estudi 4 i la relació entre ells.....</i>	<i>265</i>
<i>Figura 69. Comparació de l'avaluació global dels nou ítems del Projecte (grupal) amb l'avaluació individual de les nou preguntes del Pretest i Postest</i>	<i>267</i>
<i>Figura 70. Histograma del sumatori dels increments entre Pretest i Postest dels membres de cada grup. 269</i>	
<i>Figura 71. Histograma dels valors d'heterogeneïtat de grup a Pretest. L'heterogeneïtat es calcula a partir de la desviació entre les qualificacions de Pretest dels membres del grup.....</i>	<i>270</i>
<i>Figura 72. Gràfic de distribució de les mitjanes del Pretest per tots els alumnes. Es mostra la corba de distribució normal</i>	<i>273</i>
<i>Figura 73. Mapa Metafora del grup 4 i exemple de de fragment de discussió LASAD</i>	<i>276</i>
<i>Figura 74. Representació del valor V corresponent al valor que ha afegit el pensament de grup desenvolupat durant el Projecte "Bec o no?" al treball individual</i>	<i>281</i>
<i>Figura 75. Mapes Metafora i LASAD que el grup 4 construeix durant la discussió de la transcripció que s'inclou a la Taula 51</i>	<i>285</i>

ÍNDIX DE TAULES

<i>Taula 1. Taula comparativa dels nivells d'indagació en l'educació científica. Adaptat de NRC, (2000, p.29)</i>	59
<i>Taula 2. Representació de les fases i subfases del cicle d'indagació que proposen Pedaste et al. (2015, p.56)</i>	80
<i>Taula 3. Síntesi de les etapes que es proposen en set cicles amb diferents visions de la indagació</i>	82
<i>Taula 4. Classificació de les habilitats científiques implicades en la indagació basada en el nivell relatiu de demanda cognitiva (Wenning, 2005)</i>	86
<i>Taula 5. Habilitats d'indagació que proposem al nostre projecte per desempaquetar les Etapes del cicle d'indagació</i>	89
<i>Taula 6. Exemples d'entorns d'aprenentatge per indagació</i>	91
<i>Taula 7. El disseny d'ajudes a la indagació en ILE. Basat en Quintana et al. (2004)</i>	98
<i>Taula 8. Perfil competencial del professorat per educar amb efectivitat en la indagació científica. Adaptat de Alake-Tuenter et al. (2013)</i>	126
<i>Taula 9. Institucions implicades al projecte Metafora i tipus de participació de cadascuna (Drachman, 2009, p.50)</i>	129
<i>Taula 10. Components del llenguatge visual que ofereix la plataforma Metafora (Pifarré et al., 2014, pàg. 168)</i>	140
<i>Taula 11. Icones d'etapes de la indagació dissenyades des del Projecte Metafora</i>	142
<i>Taula 12. Icones de processos o habilitats que desempaqueten la indagació dissenyades des del Projecte Metafora</i>	143
<i>Taula 13. Diferents propostes d'habilitats que relacionen el pensament individual amb l'aprendre a aprendre junts</i>	145
<i>Taula 14. Icones d'actituds que donen suport a l'aprendre a aprendre junts, implícit en la indagació dialògica, dissenyades des del Projecte Metafora</i>	146
<i>Taula 15. Interaccions entre les ajudes sincròniques/asincròniques i directes/indirectes (Irgang et al., 2013, pàg. 10)</i>	150
<i>Taula 16. Eina de seguiment del treball dels alumnes. Mostra indicadors a temps real del treball dels alumnes (Dragon et al., 2013, pàg. 27)</i>	151
<i>Taula 17. Exemples del tipus de missatges que pot facilitar el professor o el propi sistema Metafora per donar suport al L2L2 (Dragon et al., 2013, pàg. 25-26)</i>	153
<i>Taula 18. Descripció general de la prova d'avaluació amb la correspondència entre ítems d'avaluació</i>	168
<i>Taula 19. Habilitats científiques de la indagació que s'avaluen a la segona part de la prova</i>	172
<i>Taula 20. Relació de competències promogudes amb el projecte "Bec o no?" del mòdul d'Ensenyament i Aprenentatge de les Ciències Experimentals establertes al protocol de Grau d'Educació Primària de la Universitat de Lleida</i>	179
<i>Taula 21. Característiques de les tres preguntes que componen el plantejament del repte.</i>	185

<i>Taula 22. Síntesi de les activitats d'aprenentatge amb què es divideix el projecte "Bec o no?", objectius docents de cada activitat i la relació amb els tipus d'ajudes a l'aprenentatge que s'ofereixen.</i>	<i>189</i>
<i>Taula 23. Seqüència didàctica del projecte "Bec o no", realitzada amb els alumnes de Tercer curs del Grau d'Educació Primària. Es disposen en negreta les activitats amb què es divideix el projecte</i>	<i>196</i>
<i>Taula 24. Relació d'objectius, metodologia, tècniques, participants i instruments d'anàlisi per a cadascun dels tres estudis en què es divideix aquesta tesi doctoral</i>	<i>200</i>
<i>Taula 25. Organització de l'estudi 1</i>	<i>204</i>
<i>Taula 26. Descripció de les categories del nivell de construcció de les explicacions, basada en Hakkarainen i col·laboradors (2003).....</i>	<i>206</i>
<i>Taula 27. Pauta de categories per a l'avaluació de les respostes dels alumnes tant a la prova d'avaluació inicial com final</i>	<i>208</i>
<i>Taula 28. Anàlisi estadística dels resultats del pretest i postest.</i>	<i>210</i>
<i>Taula 29. T-Test de contrast d'hipòtesis entre resultats de pretest i postest.</i>	<i>211</i>
<i>Taula 30. Organització de l'estudi 2</i>	<i>216</i>
<i>Taula 31. Categories per avaluar els mapes conceptuals que produeixen els alumnes, a la part 1 de generació de coneixement científic, dels tests pre i post d'avaluació de coneixements científics.</i>	<i>221</i>
<i>Taula 32. Justificació dels quatre patrons d'evolució entre pretest i postest</i>	<i>222</i>
<i>Taula 33. Variables per a l'anàlisi qualitativa dels mapes conceptuals de la Part 1 de la prova d'avaluació</i>	<i>223</i>
<i>Taula 34. Habilitats científiques d'indagació que s'avaluen a la prova</i>	<i>224</i>
<i>Taula 35. Estadístics descriptius de la Part 1 per pretest i postest.</i>	<i>226</i>
<i>Taula 36. Freqüències i percentatges de les qualificacions individuals de la Part 1 del test. A l'esquerra, freqüències per pretest i postest. A la dreta, freqüències de les evolucions entre pretest i postest.</i>	<i>227</i>
<i>Taula 37. Anàlisi de l'evolució de la resposta individual (1 a 1) a la pregunta de la Part 1 del test científic entre pretest i postest de l'alumna 1</i>	<i>229</i>
<i>Taula 38. Anàlisi de l'evolució de la resposta individual (1 a 2) a la pregunta de la Part 1 del test científic entre pretest i postest de l'alumna 2</i>	<i>233</i>
<i>Taula 39. Anàlisi de l'evolució de la resposta individual (1 a 2) a la pregunta de la Part 1 del test científic entre pretest i postest de l'alumna 3</i>	<i>238</i>
<i>Taula 40. Anàlisi de l'evolució de la resposta individual (1 a 3) a la pregunta de la Part 1 del test científic entre pretest i postest de l'alumna 4.</i>	<i>242</i>
<i>Taula 41. Anàlisi de l'evolució de la resposta individual (2 a 3) a la pregunta de la Part 1 del test científic entre pretest i postest de l'alumna 5</i>	<i>245</i>
<i>Taula 42. Classificació dels resultats de les qualificacions mitjanes de les preguntes del pretest segons el nivell de coneixements previs dels alumnes. Les preguntes s'organitzen dins de cada rang de menys a més qualificació</i>	<i>252</i>
<i>Taula 43. Ordre de major a menor qualificació dels ítems avaluats a postest</i>	<i>255</i>

<i>Taula 44. Classificació de la millora (increment) entre les mitjanes dels ítems de pretest i postest. Les preguntes s'organitzen dins de cada interval de menys a més puntuació.....</i>	<i>256</i>
<i>Taula 45. Materials utilitzats a l'Estudi 3 classificats segons si les evidències són individuals o grupals ..</i>	<i>264</i>
<i>Taula 46. Organització de l'Estudi 3</i>	<i>265</i>
<i>Taula 47. T-test pel contrast entre les mitjanes individuals del Pretest i la separació entre els dos grups, experts i no experts, definits per la mitjana de totes les mostres al Pretest (1,24/3)</i>	<i>273</i>
<i>Taula 48. T-test pel contrast entre els resultats del Projecte i la separació entre els dos grups, experts i no experts, definits per la mitjana de totes les mostres al Pretest (1,24/3)</i>	<i>274</i>
<i>Taula 49. T-test pel contrast entre les mitjanes individuals del Postest i la separació entre els dos grups, experts i no experts, definits per la mitjana de totes les mostres al Pretest (1,24/3)</i>	<i>277</i>
<i>Taula 50. Categories SEDA per a l'anàlisi del diàleg (adaptat de Hennessy et al., 2016, pàg. 21-27)</i>	<i>283</i>
<i>Taula 51. Transcripció i interpretació de la discussió durant el procés de treball del grup 4 durant el Projecte</i>	<i>287</i>
<i>Taula 52. Exemples dels aspectes recollits a les categories SEDA (Hennessy et al. 2016) que caracteritzen l'aprenentatge dialògic</i>	<i>289</i>
<i>Taula 53. Exemples de comportaments dialògics segons les categories de Wegerif i col·laboradors (2016)</i>	<i>290</i>

RESUM

Diversos informes d'arreu del món assenyalen el desinterès dels joves per la ciència i, concretament a Europa, des de fa anys s'ha constatat que falten vocacions científiques. Entre les mesures per corregir aquest fet es destaca la necessitat d'innovar les metodologies utilitzades en l'educació científica i cercar noves maneres d'apropar la ciència als infants i joves que responguin al ritme d'avenç i als canvis de la societat actual. Aquesta tesi pretén contribuir a promoure aquest canvi en l'ensenyament de les ciències. En aquesta dissertació es dissenya, s'implementa i s'avalua un projecte d'innovació docent en l'àmbit de la formació del professorat, que és una de les estratègies per endegar aquest canvi.

Aquesta tesi proposa un model pedagògic que promou l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació amb suport de tecnologia 2.0 i es dissenya un projecte de Ciències de la Terra que s'ha anomenat "Bec o no?". Concretament, s'ha utilitzat l'entorn tecnològic Metafora que integra diverses ajudes a l'aprenentatge específicament dissenyades per donar suport a la indagació científica i als aspectes clau de l'aprendre a aprendre junts. Algunes d'aquestes ajudes són eines de llenguatge visual que faciliten la planificació i l'organització dels processos científics clau implicats en el desenvolupament de la indagació. En conjunt, les ajudes a l'aprenentatge que s'inclouen a Metafora faciliten el pensament visual i afavoreixen la generació d'un espai dialògic en què els grups de treball puguin compartir la generació de significat científic i el desenvolupament d'habilitats d'indagació.

Des de l'enfocament de l'estudi de cas i de l'anàlisi multimètode del procés i els resultats d'aprenentatge dels futurs docents, es pretén investigar si la intervenció educativa del projecte "Bec o no?" promou en els alumnes la generació de significats científics, l'adquisició o millora d'habilitats d'indagació i els processos d'aprenentatge col·laboratiu.

Els resultats que s'han obtingut evidencien, en primer lloc, que les característiques educatives del model pedagògic del projecte "Bec o no?" promouen que els futurs docents interioritzin l'aprenentatge de fets i conceptes científics; desenvolupin i millorin les habilitats d'indagació de manera que puguin completar un cicle d'indagació científic i desenvolupin estratègies d'aprendre a aprendre junts. L'aprenentatge ha estat fruit de la interacció dialògica amb els companys del grup durant el desenvolupament del projecte i del raonament sociocientífic col·lectiu. En segon lloc, els resultats mostren que el projecte ha contribuït a promoure processos d'aprenentatge col·laboratiu eficaços. En tercer lloc, el pensament de grup construït durant el projecte ha afegit un valor positiu al resultat de l'aprenentatge de tots els grups d'alumnes, independentment del punt de partida dels diferents membres que el conformen.

Per últim, aquesta tesi pretén contribuir a la promoció de l'educació dialògica en l'àmbit de la indagació científica. El model pedagògic proposat pot ser una eina que afavoreixi una millor formació del professorat en ciències i ajudi a canviar la manera com s'educa a infants i joves en ciències.

Paraules clau: *indagació, aprenentatge dialògic, formació del professorat, aprenentatge col·laboratiu, pensament de grup, espai dialògic, generació de significat científic, habilitats d'indagació, ajudes a l'aprenentatge, tecnologia 2.0, Metafora*

RESUMEN

Distintos informes de ámbito mundial señalan el desinterés de los jóvenes por la ciencia. En Europa, concretamente, se ha constatado que faltan vocaciones científicas desde hace años.

Entre las medidas correctoras para invertir esta tendencia destaca la necesidad de innovar las metodologías utilizadas en la educación científica. Por lo tanto, se hace necesario buscar nuevas formas para acercar la ciencia a niños y jóvenes que respondan al ritmo de avance y a los cambios de la sociedad actual. Esta tesis pretende contribuir a la promoción de este cambio en la enseñanza de las ciencias. En esta disertación se diseña, se implementa y se evalúa un proyecto de innovación docente en el ámbito de la formación del profesorado, que es una de las estrategias para iniciar este cambio.

Con esta tesis se propone un modelo pedagógico que promueve el aprendizaje dialógico de las ciencias por indagación con soporte de la tecnología 2.0 y se diseña un proyecto de Ciencias de la Tierra que se ha titulado "Bec o no?". Concretamente se ha utilizado el entorno tecnológico Metafora, que integra diversas ayudas al aprendizaje específicamente diseñadas para dar soporte a la indagación científica y a los aspectos clave del aprender a aprender juntos. Algunas de estas ayudas son herramientas de lenguaje visual que facilitan la planificación y organización de los procesos científicos clave implicados en el desarrollo de la indagación. En conjunto, las ayudas al aprendizaje que se incluyen en Metafora facilitan el pensamiento visual y favorecen la generación de un espacio dialógico en el que los grupos de trabajo puedan compartir la generación de significado científico y el desarrollo de habilidades de indagación.

Desde el enfoque de estudio de caso y del análisis multimétodo del proceso y los resultados de aprendizaje de los futuros docentes, se pretende investigar si la intervención educativa del proyecto "Bec o no?" promueve en los alumnos la generación de significados científicos, la adquisición o mejora de las habilidades de indagación y los procesos de aprendizaje colaborativo.

Los resultados que se han obtenido evidencian, en primer lugar, que las características educativas del modelo pedagógico del proyecto "Bec o no?" promueven que los futuros docentes interioricen el aprendizaje de fenómenos y conceptos científicos, desarrollen y mejoren las habilidades de indagación de modo que puedan completar un ciclo de indagación científico y desarrollen estrategias de aprender a aprender juntos. El aprendizaje ha sido el resultado de la interacción dialógica entre los compañeros del grupo durante el desarrollo del proyecto y del razonamiento socio-científico colectivo. En segundo lugar, los resultados muestran que el proyecto ha contribuido a la promoción de procesos de aprendizaje colaborativo eficaces. En tercer lugar, el pensamiento de grupo construido durante el proyecto ha añadido un valor positivo al resultado de aprendizaje de todos los grupos de alumnos, independientemente del punto de partida de los diferentes miembros que lo conforman.

Finalmente, esta tesis pretende contribuir a la promoción de la educación dialógica en el ámbito de la indagación científica. El modelo pedagógico que se propone puede ser una herramienta que favorezca una mejor formación del profesorado en ciencias y ayude a cambiar el modo en que se educa a niños y jóvenes en ciencias.

Palabras clave: *indagación, aprendizaje dialógico, formación del profesorado, aprendizaje colaborativo, pensamiento de grupo, espacio dialógico, generación de significado científico, habilidades de indagación, ayudas al aprendizaje, tecnología 2.0, Metafora*

ABSTRACT

Several reports from around the world have pointed to the disinterest of youth for science, specifically in Europe, where a lack of scientific vocations has been found for years. Among the measures to correct this fact, researchers have emphasized the need to innovate the pedagogical strategies used in scientific education, and look for new methodologies to bring science closer to children and young people who go along the pace of progress and changes in today's society. This thesis aims to contribute to promoting this change in science education. Therefore, in this dissertation, a teaching innovation project is designed, implemented and evaluated in the field of teacher training, which is one of the strategies to initiate this change.

Besides, this thesis proposes a pedagogical framework that promotes inquiry based dialogic science education supported by 2.0 technologies. The innovative project implemented and evaluated in this thesis has been designed following the pedagogical framework proposed. This project is framed in the area of the Earth Sciences, it is called "Bec o no?" and used the technological platform called Metafora. Specifically, the Metafora environment integrates various learning scaffolds specially designed to support scientific inquiry and the key aspects of learning to learn together. Some of these scaffolds are visual language tools that facilitate the planning and organization of the key scientific processes involved in the development of the inquiry. As a whole, learning scaffolds that are included in Metafora, facilitate visual thinking, and promote the generation of a dialogical space in which groups can share the scientific meaning generation and the development of inquiry learning skills.

Using a case study methodology and multimethod analysis of the process and the learning outcomes of pre-service teachers, it is intended to investigate whether the educational intervention of the "Bec o no?" promotes scientific meaning generation on students, the acquisition and improvement of inquiry skills and collaborative learning processes.

First, the results show that the educational characteristics of the pedagogical framework promote scientific meaning generation, develop and improve key science inquiry skills and enhances learn to learn together skills. Learning and collective science thinking have been the results of dialogical interaction with the members of the project during its development. Second, the results show that the project has contributed to promoting effective collaborative learning processes. Third, group thinking developed during the project has added a positive value to the learning outcome of all groups of students, regardless of the starting point of the different members who participated.

Finally, this thesis aims to contribute to the promotion of dialogic education in the field of scientific inquiry. The proposed pedagogical framework may be a tool that favors a better training for pre-service teachers in science and helps to change the way in which children and young people are educated in science.

Keywords: *inquiry, dialogic learning, teacher education, collaborative learning, group thinking, dialogic space, scientific meaning generation, inquiry skills, learning scaffolding, 2.0 technology, Metafora.*

PART 1- Introducció

General

1. INTRODUCCIÓ

La tesi doctoral que teniu a les mans no només és el resultat de quatre anys intensos de dedicació, sinó d'una manera d'entendre la ciència i l'educació que he anat construint des de la meua infància i que ha esdevingut les arrels que sostenen la meua tesi.

El pare em va ensenyar a gaudir i estimar la natura i la mare a saber escoltar i expressar-me amb l'art. D'una banda, els estudis de Llicenciatura de Biologia em van ajudar a comprendre el món des de la perspectiva del funcionament dels sistemes vius, que són complexes i es basen en les interaccions entre els individus i el seu medi. D'altra banda, entenc l'educació com l'única arma per fer canviar i progressar els *ecosistemes humans* des de la consciència i la democràcia. Des de ben jove, vaig inserir-me al món professional a partir de l'educació no formal en diferents entitats d'esplai. Hi vaig poder descobrir el potencial transformador de l'educació. En acabar la carrera vaig continuar amb l'educació no formal en l'àmbit de l'educació ambiental fins que vaig començar a treballar, el curs 2010-2011, a l'Educació Secundària en centres públics del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya. No només la meua trajectòria professional, sinó també els meus mestres i professors, han fet que apreï i estimi la tasca professional dels educadors.

Però, per què investigar en educació? L'any 2010 vaig ser al lloc adequat al moment adequat. La Dra. Anna Gené Duch, Catedràtica de Didàctica de les Ciències de la Universitat de Lleida, em va proposar assumir l'assignatura de didàctica de les ciències experimentals de la retitulació de mestre de primària. Després de dos anys, vaig accedir a una plaça de professora associada per a la titulació de grau.

L'Anna em va confessar que va veure en mi una persona amb la sensibilitat necessària que ella considerava indispensable per formar als futurs mestres. Aquest reconeixement em va fer reflexionar i adonar-me de la transcendència de la formació dels futurs docents. L'Anna em va acompanyar en allò que per a mi va ser un repte exigent i que vaig prendre'm molt seriosament. Per a mi va ser una experiència molt enriquidora poder compartir reflexions i aprendre amb ella. Vaig entendre que formar persones que educaran als infants per comprendre qui són i el món amb què interaccionen, és una tasca transcendent i cal desenvolupar-la amb rigor i responsabilitat. Un dels primers i principals reptes que vaig identificar és que la majoria dels alumnes de grau d'educació primària accedeixen al grau des d'itineraris no científics de l'etapa secundària. Per tant, amb les dues matèries de segon i tercer curs del grau cal formar els futurs docents en coneixements sobre continguts i habilitats científiques i, alhora, en metodologies didàctiques específiques per a l'ensenyament de les ciències. Aquesta reflexió em va ajudar a identificar la meua necessitat formativa, que alhora també podia contribuir a la meua formació continuada com a docent de secundària. És per això que amb l'Anna Gené vam començar a posar fil a l'agulla per iniciar aquesta tesi doctoral, que realitzaríem des del grup de recerca CONTIC, del qual ella n'era membre, i que em dirigirien conjuntament amb la Dra. Manoli Pifarré Turmo. Malauradament, la tardor de l'any 2013 l'Anna Gené ens va deixar. A partir de llavors la Dra. Manoli Pifarré ha exercit de directora i tutora de la present tesi doctoral.

La recerca que presentem a continuació és fruit d'un treball compartit amb el grup de recerca CONTIC de la Universitat de Lleida i el projecte europeu "Metafora. Learning to learn together: A visual language for social orchestration of educational activities".

La nostra investigació es centra en estudiar com, a partir d'una experiència d'aprenentatge en un projecte de ciències, els futurs docents incrementen les seves estratègies professionals sobre coneixements científics, relatius al perfil professional dels docents de ciències per educar amb efectivitat en la indagació.

El projecte que plantejarem està dissenyat a partir d'un model pedagògic fonamentat en la perspectiva dialògica de l'aprenentatge de les ciències per indagació i amb suport tecnològic web 2.0. Els participants són docents en formació de tercer curs del Grau d'Educació Primària de la Universitat de Lleida, però considerem que el nostre model formatiu i les nostres conclusions es poden estendre a altres nivells educatius com secundària, la formació d'adults i l'ensenyament universitari d'àmbit científic.

El context de partida de la recerca es basa en l'Eurobaròmetre de "Young people and Science" (European Commission, 2008) que alertava que, tot i que els joves europeus entre 15 i 25 anys tenien una visió positiva de la ciència i la tecnologia, només una minoria trien estudis superiors de l'àmbit de ciències, fet que derivava a una situació de manca de vocacions científiques entre els joves. L'informe "Science Education now" (Rocard, 2007) a nivell europeu també advertia d'aquesta situació i proposava revertir-la tot incidint en el model pedagògic de la ciència escolar i en la millora de la formació i la motivació del professorat de ciències. Aquesta estratègia es manté encara avui vigent amb el programa europeu Horitzó 2020 per al període 2014-2020.

La indagació en ciències es presenta com una metodologia predominant en els nous currículums de molts països (Unió Europea, Estats Units d'Amèrica, ...) com l'opció metodològica que podria contribuir al canvi de paradigma (Rocard, 2007). Avui en dia són molts els autors a nivell internacional que validen la indagació com una opció metodològica d'èxit tant per a l'aprenentatge de les ciències com per a la millora de l'actitud cap a la ciència (p. e. Arslan, Ogan Bekiroğlu, Süzük, & Gürel, 2014; Aktamis, Higde & Ozden, 2016; Ergul, Simsekli, Calis, Ozdilek & Gocmencelebi, 2011; Ozdemir & Isik, 2015; Yalcin, 2014). Tanmateix, l'enfocament metodològic de la indagació en ciències al nostre país té una vessant molt més teòrica (política i acadèmica) que pràctica (Couso, 2014). A més, Banilower i col·laboradors (2013) reporten que pocs alumnes tenen l'oportunitat de participar en activitats educatives d'indagació en ciències on siguin ells els qui construeixin el coneixement científic a partir de la generació de models, explicacions i arguments basats en l'evidència. I és que la indagació s'ha definit com una metodologia polisèmica. En aquest sentit, Simarro, Couso i Pintó (2013) proposen que les diferents propostes d'indagació poden classificar-se en dos visions, mútuament excloents, la tecnicomanipulativa i la discursivocognitiva.

En aquesta tesi ens basem en un enfocament discursivocognitiu de la indagació i considerem que l'enfocament dialògic de l'aprenentatge el potencia. Recentment, des de la recerca educativa en l'àmbit de les ciències, alguns autors han concorregut en aquesta proposta (p. e. Kumpulainen, & Rajala, 2017; Resnick, Asterhan & Clarke, 2015; Wegerif et al., 2012). L'aprenentatge dialògic es vincula a la perspectiva sociocultural i planteja que els individus generin una construcció compartida de l'aprenentatge a partir d'un escenari de col·laboració en què s'esdevingui un diàleg igualitari i on cada individu aportï arguments per arribar al consens. Segons Yang, Wegerif i Jones (2011), quan els alumnes s'apropien dels aprenentatges coconstruïts aprenen a desenvolupar noves perspectives creatives i a solucionar nous reptes, cosa que interpreten com una competència vital d'aprendre a aprendre junts, la qual el món actual exigeix.

Per què utilitzar els entorns tecnològics 2.0 d'aprenentatge com a suport a l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació?

Els entorns tecnològics 2.0 d'aprenentatge estan considerats com un recurs amb un gran potencial per facilitar l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació (p. e. De Jong, Sotirou & Gillet, 2014; Linn & Eylon, 2011; Wegerif, 2015). Els alumnes del segle XXI estan immersos amb normalitat en un món tecnològic en què estan connectats amb els companys i els continguts web i l'aula de ciències no es pot desconnectar d'aquest món (Apollonia, 2010). Firat i Köksal (2017) a partir de la revisió dels treballs de diversos autors concreten que la tecnologia web 2.0 permet la compartició

interactiva de la informació, promou la interacció social per potenciar la col·laboració i es caracteritza pel disseny centrat en l'usuari.

En definitiva, Stahl (2012) constata que els límits de la ment s'han expandit gràcies a la tecnologia, que esdevé una eina de mediació cognitiva. Els entorns tecnològics amplien la capacitat humana per representar, processar, transmetre i compartir informació (Coll & Martí, 2001) que ofereixen un espai per a la construcció dialògica del coneixement (Wegerif & Yang, 2011a). Específicament, els entorns tecnològics dissenyats per a donar suport a l'educació científica per indagació, integren ajudes a l'aprenentatge de manera que faciliten l'exploració de contextos científics autèntics i significatius i alhora poden integrar un seguit d'eines que facilitin la visualització dels fenòmens, donin suport a la col·laboració i al desenvolupament de l'aprenentatge autònom i l'activació de processos metacognitius (Donnelly, Linn & Ludvigsen, 2014).

Per què formar futurs docents de ciències a partir de la participació en un projecte d'indagació en el rol d'alumnes?

D'una banda, estem d'acord amb Lumpe, Czerniak, Haney i Beltyukova (2012) que no es pot demanar al professorat que ensenyi d'una manera que desconeix des d'un punt de vista pràctic, tant pel que fa a continguts com a processos científics d'indagació. D'altra banda, el paper del professorat és clau en el procés d'ensenyament-aprenentatge de les ciències i en la implementació a l'aula dels canvis metodològics. Per tant, des de la formació del professorat s'han de dur a terme activitats que millorin la qualitat de l'activitat docent del professorat a través d'accions que promoguin el seu desenvolupament professional (Desimone, Smith & Frisvold, 2007).

A més, varis autors han estudiat la influència de l'actitud dels docents cap a la ciència perquè els canvis metodològics es traslladin a l'aula. Alguns estudis han mostrat que hi ha professors de primària amb una actitud bastant positiva cap a l'ensenyament de les ciències en termes de gaudi i autoeficàcia, però que sovint trien no ensenyar ciències en el seu currículum donat que perceben falta de temps, materials o altres recursos contextuais (Asma, van der Molen & van Aalderden-Smeets., 2011). En altres estudis es manifesta que els docents de primària sovint estan influenciats per experiències negatives amb la ciència durant les seves etapes formatives a primària i secundària i que això afecta negativament la seva actitud i perdura fins i tot després de la seva formació com a mestres (Palmer, 2002; Sanger, 2008; Tosun, 2000). I autors com Lumpe i col·laboradors (2012) proposen que aquestes experiències poden afectar negativament a l'actuació a l'aula dels docents i que aquests afectin al seu torn als seus estudiants. Aquestes influències encadenades poden donar lloc a un bucle difícil de trencar (The Gallup Organization, 2008).

Van Aalderden-Smeets i Walma van der Molen (2015) van fer un estudi sobre el desenvolupament professional dels professors de primària de ciències. Van proposar a aquests professors treballar durant un curs escolar en un projecte d'indagació en ciències. Durant aquest temps, els van demanar de reflexionar i prendre consciència sobre les seves actituds, el cicle empíric de la indagació i els seus coneixements i creences sobre ciències i l'ensenyament de les ciències. Desimone (2009) i van Driel, Bulte i Verloop (2008) consideren que la reflexió i la metacognició són processos clau en el desenvolupament professional dels docents.

Van Aalderden-Smeets i Molen (2015) van demostrar amb aquest estudi sobre les actituds dels docents envers les ciències i l'educació científica que, malgrat allò que anteriorment s'havia descrit sobre l'estabilitat i la dificultat per canviar les actituds dels docents (Ramey-Gassert Shroyer & Starer, 1996; Schoon & Boone, 1998), aquestes poden ser canviades a partir de la formació teòricament fonamentada i reflexió.

En resum, aquesta tesi planteja un escenari d'aprenentatge actiu fonamentat amb l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació per a la formació del professorat amb estratègies professionals per educar amb efectivitat la indagació en ciències. Aquest escenari es considera un dels elements més influents en el desenvolupament professional d'aquests (Desimone, 2009). El disseny del projecte "Bec o no?" planteja el desenvolupament dels tres grups de competències del perfil professional del professorat per educar amb efectivitat la indagació científica definit per Alake-Tuenter, Biemans, Tobi i Wals (2013). Aquest perfil s'organitza en tres competències, sobre el coneixement del contingut científic, didàctic i actitudinal. Tanmateix els tres estudis amb què es divideix la nostra recerca es centren concretament en l'avaluació de les competències sobre coneixement del contingut científic i didàctic. En aquest sentit, el nostre enfocament cobreix una de les mancances que diversos investigadors del camp de la recerca educativa han identificat (p.ex.: Desimone, 2009; Guskey, 2000). Els anteriors estudis sobre desenvolupament professional dels docents de ciències es centraven exclusivament en la satisfacció del professorat, el canvi d'actitud o en la responsabilitat d'innovar. Nosaltres ens centrem en l'estudi dels resultats i el procés a partir del diàleg que s'estableix entre els alumnes per aprendre.

2. OBJECTIUS GENERALS

Per aquesta tesi doctoral es plantegen dos objectius principals que es desglossen en varis objectius secundaris:

- Definir i fonamentar teòricament el model pedagògic per al disseny d'un projecte de Ciències de la Terra amb el qual:
 - Dissenyar aplicacions tecnològiques i instruccions especialitzades en la construcció col·laborativa del coneixement científic i aprendre a aprendre ciències per indagació conjuntament
 - Formar als futurs docents en estratègies professionals per educar amb efectivitat en la indagació científica
 - Promoure l'ús de la tecnologia per desenvolupar les habilitats científiques d'indagació dels futurs docents
- Estudiar l'impacte de la implementació del projecte per contribuir a la formació en estratègies professionals per educar amb efectivitat en la indagació en ciències
 - Quantificar els resultats d'aprenentatge dels alumnes pel que fa a coneixements científics (fets i conceptes científics i habilitats d'indagació)
 - Conèixer si hi ha hagut aprenentatge atribuïble a la intervenció basada en el model pedagògic plantejat al projecte "Bec o no?"
 - Estudiar com el model pedagògic afavoreix la millora dels alumnes en:
 - Coneixements sobre fets i conceptes científics
 - L'adquisició o millora d'habilitats científiques d'indagació
 - Aprofundir en l'estudi qualitatiu de l'evolució de la construcció i integració de fets i conceptes científics que han desenvolupat els alumnes a partir de la generació del significat científic i la construcció d'enllaços entre idees
 - Avaluar l'impacte del treball en grup en l'aprenentatge individual
 - Avaluar el valor que afegeix el pensament de grup a la qualitat del resultat del Projecte

PART 2- Marc teòric

1. INTRODUCCIÓ

L'objectiu principal d'aquest Marc teòric és definir les variables teòriques que emmarquen el model pedagògic que ha guiat el disseny de la nostra proposta educativa per a la formació del professorat de ciències.

Començarem definint la influència de l'entorn sociocultural sobre el desenvolupament cognitiu de l'alumnat i exposarem les principals característiques de la perspectiva dialògica de l'aprenentatge.

Dedicarem el segon capítol a discutir les necessitats educatives sobre ciències dels joves a Europa i a definir la metodologia de l'ensenyament-aprenentatge de les ciències per indagació. Concretarem les característiques essencials d'aquesta metodologia i com nosaltres la concebem. Farem una revisió bibliogràfica de diferents propostes de cicles d'indagació. A partir de la revisió dels cicles d'indagació, construirem una proposta de síntesi coherent amb la perspectiva dialògica de l'aprenentatge.

Al tercer capítol explorarem les potencialitats de la tecnologia, i més concretament la web 2.0, com a artefacte mediador cultural. Revisarem els principals atributs dels entorns tecnològics que donen suport a la indagació en ciències a partir de la comparació entre quatre exemples àmpliament utilitzats. Tancarem aquesta part amb la revisió i classificació de les ajudes a l'aprenentatge que s'han explorat des de la recerca educativa i que han estat desenvolupades en diferents entorns tecnològics d'aprenentatge que donen suport a la indagació.

Al capítol 4 discutirem sobre la formació del professorat de ciències i ens centrarem específicament en la seva formació com a futurs docents capacitats per a ensenyar als alumnes a indagar en ciències.

Finalment, al cinquè i darrer capítol explicarem el projecte "R+D Metafora. Aprendre a aprendre junts: llenguatge visual per a l'orquestració social d'activitats educatives" de ciències i matemàtiques, finançat per la Unió Europea. La nostra recerca s'ubica en aquest projecte, tot i que presenta algunes característiques pròpies i distintives, però que ens ocuparan a la Part 3 de Disseny de la Recerca.

Abans de començar, però, volem oferir al lector la que per a nosaltres és una bona manera d'entendre la ciència i com la construïm per comprendre qui som i el planeta on vivim. És per això que a continuació oferim el transcrit del fragment final del capítol 13 de la sèrie documental Cosmos de Carl Sagan i col·laboradors.

Carl Sagan (1934-1996), científic especialitzat en la branca de l'exobiologia, es considera que ha estat un dels millors divulgadors científics fins al moment. Va ser reconegut amb diversos premis: medalla de la NASA en dues ocasions; medalla al mèrit públic de l'Acadèmia de Ciències Americana; i també el premi Pulitzer per la seva obra "Broca's brain".

A la sèrie televisiva Cosmos, de la qual ell n'és el principal guionista, treballa conjuntament amb Ann Druyan i Steven Soter. Aquesta sèrie ha tingut un gran impacte donat que s'ha emès en 60 països i ha estat vista per més de 500 milions de persones.

La dissertació amb què els autors tanquen l'exitosa sèrie documental, i que hem traduït al català, és la següent:

"La ciència és una empresa col·lectiva que comprèn moltes cultures i s'estén a moltes generacions. En totes les èpoques i de vegades als llocs menys probables hi ha persones que desitgen apassionadament comprendre el món. No hi ha manera de saber d'on sorgirà el proper descobriment, quin serà el somni de la ment que refaci el món? Aquests somnis sempre

semblen utòpics. Hi va haver un temps que veure un planeta a través d'un telescopi era quelcom sorprenent. No obstant, estudiem aquests mons, esbrinem com es mouen en les seves òrbites i ens llencem a planejar viatges de descobriment i enviem exploradors robot als planetes i a les estrelles.

La humanitat busca ansiosament els nostres orígens, per això celebrem rituals. La ciència és una altra manera d'expressar aquest desig, també ens relaciona amb els nostres orígens i també té els seus rituals i les seves lleis (...). Tot el que no sigui coherent amb els fets (...) ha de ser descartat o revisat. La ciència no és perfecta, amb freqüència s'utilitza malament, no és més que una eina. Però és la millor eina que tenim. Es corregeix a si mateixa, està sempre evolucionant i es pot aplicar a tot. Amb aquesta eina conquistem allò que és impossible. (...)

Els monjos de Canterbury van registrar fidelment un impacte a la Lluna i els Anasazi, l'explosió d'una estrella llunyana. Van veure per nosaltres així com nosaltres veiem per ells. Tenim una major capacitat de visió perquè ens recolzem en ells, ens basem en allò que ells sabien. Disposem de la lliure investigació i del lliure accés al coneixement.

Els humans hem vist els àtoms que formen la matèria, forces que han esculpit aquest i altres mons. Hem descobert que els àtoms de la vida es formen fàcilment sota condicions comunes per tot el cosmos. Hem delineat mapes de màquines moleculars al cor de la vida, hem descobert un microcosmos en una gota d'aigua. Ens hem apropiat al flux sanguini, a l'interior del nostre planeta per veure la Terra com un sol organisme. Hem trobat volcans en altres mons i explosions al Sol. Hem estudiat els cometes espacials i rastrejat els seus orígens i testimonis. Hem escoltat els púlsars i hem buscat altres civilitzacions. Els humans hem posat un peu en un altre món en un lloc anomenat el Mar de la Tranquil·litat. Una fita sorprenent per a criatures com nosaltres que vam fer els primers passos fa 3,5 milions d'anys i es conserven encara en les cendres volcàniques de l'est d'Àfrica.

Hem caminat molt. Aquestes són algunes de les coses a què donen lloc els àtoms d'hidrogen després de 15 mil milions d'anys d'evolució còsmica. Pot semblar un mite èpic, però és simplement una descripció del cosmos com ha estat revelada per la ciència de la nostra època. I nosaltres, que aquí encarnem els ulls i les orelles, les idees i sentiments del cosmos, hem començat finalment a preguntar-nos pel nostre origen. Matèria estel·lar contemplant les estrelles. Ordenaments de milers de milions d'àtoms observant l'evolució de la matèria, rastrejant el llarg camí que va conduir a la consciència aquí a la Terra i potser a tot el cosmos. La nostra lleialtat és cap a l'espècie i cap al planeta, parlem en nom de la Terra. La nostra obligació de sobreviure i prosperar no només ens la devem a nosaltres, sinó també a l'immens cosmos antic del qual procedim". (Andorfer & McCain, 1980)

Amb aquestes paraules pretenem reflexionar sobre l'essència de la ciència i de l'ésser humà i pensem que té molt a veure amb la filosofia d'aquesta tesi. Els humans construïm el coneixement científic de manera col·lectiva per donar resposta a la nostra necessitat de conèixer qui som, on som, qui vam ser, d'on venim i cap on anem. Amb el coneixement científic, les societats perseguim ubicar-nos i ser conscients d'allí on som.

La ciència és l'eina que tenim per poder cobrir les nostres necessitats de coneixement, però el coneixement que generem no és absolut. La ciència està en constant evolució des que la vam inventar, però el què sabem avui és el fruit d'allò que hem revisat i reconstruït sobre el què es va construir ahir. Hi haurà qui perdrà la paciència en aquest anar i venir però aquesta és la veritat de la ciència: per la ciència no hi ha veritats absolutes i qualsevol explicació pot ser revisada amb l'objectiu sempre de comprendre més i millor.

Aquesta tesi vol ajudar als nostres alumnes a comprendre, apreciar i construir la ciència i animar-los a que un dia siguin ells els que ens expliquin a nosaltres una mica més i millor qui som, d'on venim i cap on anem.

CAPÍTOL 1. LA PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL DE L'ENSENYAMENT-APRENTATGE DE LES CIÈNCIES

Per assolir els objectius de l'educació científica no podem dissociar el procés d'ensenyament-aprenentatge dels àmbits social, cultural i de la història.

Al fragment del documental Cosmos de Carl Sagan que hem reproduït a la introducció, es relata que la ciència l'han fet els humans i l'han construït en comunitat. Aquest procés de construcció s'ha caracteritzat al llarg de la història pel context sociocultural d'aquells qui han observat com els fenòmens naturals s'esdevenen al nostre món. Aquest coneixement és validat per la comunitat científica.

Des de l'ensenyament-aprenentatge de les ciències, es promou que aquests processos no es disconnectin de com la humanitat ha construït el coneixement científic al llarg de la història. És per això que autors com Leach i Scott (2003) afirmen que quan es tracta d'aprendre ciències, el coneixement no pot ser percebut per l'individu directament, sinó que és validat a partir de processos empírics i socials complexos. Aquests autors es basen en la *visió sociocultural de l'aprenentatge*.

Una visió en contraposició a aquesta és la que proposen altres autors des del punt de vista de la *visió individual de l'aprenentatge*. Posner, Strike, Hewson i Gertiog (1982) en aquesta línia proposen que aprendre ciències és un procés on els individus avaluen la viabilitat de la seva representació mental davant de percepcions sensorials de l'entorn. Però aquesta viabilitat està més relacionada amb un reforç social que amb un reforç des de les percepcions del món físic. En efecte, s'aprèn parlant i pensant sobre el món físic a partir del reforç social (Leach & Scott, 2003).

Driver, Asoko, Leach, Scott i Wood-Robinson (1994a) van publicar un article titulat "Construint el coneixement científic a l'aula". Els autors argumenten que per construir el coneixement científic són indispensables dues entitats: la individual i la social. Des d'aquest any, han estat moltes les publicacions que s'han basat en aquest punt de vista.

Amb el temps, la recerca en l'ensenyament-aprenentatge de les ciències ha criticat la visió individual i ha fet un gir (Solomon, 1994) basant-se en arguments del camp de la psicologia. S'ha demostrat que la manera com els alumnes parlen sobre el món físic depèn del context social (Schoultz, Säljö & Wyndhamn, 2001; Vosniadou & Brewer, 1992) i s'han anat abandonant els posicionaments basats en l'individu per incorporar la interacció entre individus com aspectes clau en el procés d'aprenentatge. L'estudi científic del món és inseparable de l'organització social de les activitats científiques. La interacció interpersonal, tant si és col·laborant en un laboratori com dialogant en una aula, només són una petita part d'aquesta dimensió social. Aquesta col·laboració humana té lloc gràcies al fet que creixem i vivim en comunitat i hem generat institucions que hi donen suport: la família, l'escola, centres comunitaris, laboratoris d'investigació, universitats, corporacions, ciutats, estats, economia global i les xarxes socials a internet, entre altres. Disposem també d'eines o recursos semiòtics que constitueixen la nostra cultura: llenguatges, convencions gràfiques, un sistema de valors, creences i discursos i pràctiques especialitzades. Des d'un punt de vista ecològic de les comunitats, s'inclouen com a part d'aquest sistema eco-social tots els artefactes, espècies naturals i materials que les persones fem per fer ús d'aquestes eines (Lemke, 2001).

La construcció o **generació de significats** ("*meaning-making*"), primer entesa des de la perspectiva individual de l'aprenentatge com els processos cognitius que fa l'individu de manera independent, va passar a entendre's com el procés que fa l'individu que es troba en un context social

determinat. Aquest context social es defineix com el compendi d'interaccions entre individus o les interaccions entre l'individu i els productes culturals disponibles.

Scott, Mortimer i Ametller (2011) proposen en aquesta línia la idea de la **construcció pedagògica d'enllaços** (“*pedagogical link making*”) que fa referència a la manera com professors i alumnes i alumnes entre ells construeixen connexions entre idees mentre interaccionen durant l'ensenyament i l'aprenentatge per generar significats científics. Els autors contempen com l'alumne construeix enllaços entre els seus coneixements previs i les idees noves que va incorporant. Aquest equip d'investigadors ha estat treballant amb la idea de la construcció d'enllaços des de 2003 en els seus programes de recerca en l'ensenyament i aprenentatge del coneixement conceptual científic.

Aquests autors han identificat tres formes de suport a la construcció pedagògica d'enllaços:

- *Suport en la construcció del coneixement*: implica que el docent dóna suport en la construcció d'enllaços entre diferents tipus de coneixements per facilitar als alumnes una comprensió més profunda.
- *Promocionar la continuïtat*: aquest tipus de suport, que es basa en el concepte de continuïtat intel·lectual de Mercer (1995, 2008), suposa la construcció d'enllaços entre l'ensenyament i l'aprenentatge en diferents moments temporals. En ocasions aquestes dues formes es solapen ja que aquesta segona forma implica la primera.
- *Fomentar el compromís emocional*: a diferència de les altres dos formes, el professor dóna suport a la construcció d'enllaços tot fomentant una resposta positiva emocional dels alumnes en l'ensenyament-aprenentatge.

L'aprenentatge no pot ser explicat com un procés que té lloc a la ment de l'individu de manera aïllada. Tampoc l'acció d'ensenyar per part d'un expert pot per ella mateixa fer que l'individu assoleixi nous aprenentatges i canviar l'estructura mental d'aquest. Tot això sense tenir en compte les situacions en què l'individu utilitza aquesta estructura mental de comprensió de l'entorn fins al moment, és a dir, el punt de partida. Vosniadou (1994), en un estudi que tenia per objectiu caracteritzar el pensament dels alumnes sobre el sistema solar, va identificar com la metodologia tradicional d'ensenyament sobre el tema fallava per no tenir en compte el punt de partida dels alumnes. Es va adonar que aquests partien d'errors conceptuals bàsics derivats de no comprendre la llei de la gravetat i que els cossos esfèrics de vegades poden semblar plans.

En altres investigacions Vosniadou i Ioannides (1998, pàg.128) sostenen que “les estructures conceptuals inicials poden canviar com a resultat d'observacions riques en el context cultural”. Vosniadou i Brewer (1992) han argumentat que les representacions que fan els nens sobre la Terra són un producte del procés que fan per integrar la seva experiència de viure a la Terra, la qual perceben plana, amb la imatge cultural de la Terra com a esfèrica. És per això que proposen la següent definició per a l'aprenentatge de les ciències: “un assumpte gradual i complex durant el qual la informació que s'obté de l'observació i/o de la instrucció s'usa per enriquir, substituir o reestructurar creences o pressuposicions” (Vosniadou & Ioannides, 1988; pàg. 1222).

L'exemple de la Terra posa de relleu la importància de com percebem l'entorn o el context i els enllaços que hem de construir per canviar una explicació basada en l'observació a una explicació fonamentada científicament. Només serà llavors quan connectem el coneixement científic amb la vida quotidiana que el coneixement científic esdevindrà rellevant per a nosaltres. A més, la nostra actitud envers la ciència llavors serà positiva (Bennett, Lubben & Hogarth, 2007; Park et al. 2008; Raes, Schellens & De Wever, 2014; Slotta & Lynn, 2009;).

És per això que es considera que el canvi conceptual que fa l'individu es deriva de tot un procés cognitiu que implica l'avaluació de la viabilitat de les seves concepcions amb allò que percep del

món físic. Des de la perspectiva sociocultural s'interpreta que aquestes idees errònies són fruit de l'ús del llenguatge quotidià. I és en aquest punt que la ciència ens ofereix idees alternatives per explicar el món. Però aquestes idees d'entrada no són presents en l'estructura mental de l'alumnat. Garcia-Mila, Gilabert i Rojo (2011) convergeixen en la idea que el canvi cognitiu es fa en funció de la regulació metacognitiva i s'observa com un canvi gradual en la distribució d'ús d'estratègies. D'aquesta manera, les estratègies que són més eficaces guanyen terreny a les que ho són menys, i destaquen que en aquest procés és especialment important l'elecció d'estratègies.

D'altra banda, el canvi conceptual pot comportar canvis més transcendents que els aparents. Posem per exemple l'aprenentatge de l'evolució. Lemke (2001) argumenta que, per a un creacionista, adoptar una visió evolucionista de l'origen de la humanitat no és només una qüestió de canviar el seu punt de vista sobre els fets. Significaria canviar elements essencials de la seva creença i, per tant, identitat com a creient.

En definitiva, les creences sobre el món natural i social han coevolucionat en les cultures amb les xarxes complexes de pràctiques socials que cohesionen una comunitat. Lemke (2001) continua relatant que l'església no només es va oposar a les aportacions científiques de Galileu, actualment considerat el pare de la física moderna, perquè no estigués d'acord amb les seves conclusions sobre el moviment dels cossos celestes. Galileu va ser condemnat per molt més que una tria racional entre les teories que competien. Per tant, els canvis de paradigma no només són qüestió de prendre decisions racionals. Són processos socials amb conseqüències socials. En una comunitat, els individus no són estrictament lliures de prendre decisions.

És per això que la ciència i l'educació científica són sempre una part de les comunitats i de les seves cultures, inclús perquè impliquen i s'impliquen en conflictes socials i culturals que van més enllà de l'aula.

L'objectiu de l'ensenyament de les ciències és introduir noves maneres de pensar i parlar, tot il·lustrant i modelant com aquestes idees s'apliquen apropiadament a determinats contextos. Però la interiorització del coneixement per part de l'individu no només implica maneres de pensar alternatives sinó que s'hi involucra la interpretació personal, on l'individu fa una comprensió personal de les idees que descobreix de la dimensió social. Per tant, qui aprèn és el protagonista dels aprenentatges.

Resumint, nosaltres optem per un aprenentatge que s'origina en un context social i cultural determinat. L'aprenentatge reflecteix i forma part del desenvolupament històric, dels valors culturals i de les pràctiques de les societats i comunitats (Rojas-Drummond, Littleton, Hernández & Zúñiga, 2010).

Vygotsky (1978) fou el psicòleg que va posar els fonaments de **la teoria sociocultural**. També coneguda com la teoria històrico-social o teoria social del desenvolupament, determina que el desenvolupament i la personalitat humana són fruit de l'experiència social. Des d'aquesta teoria, tot i que es consideri la persona com una entitat separada de l'entorn social, ambdós entitats estan estretament lligades i són interdependents. Es reconeix, doncs, la individualitat de les persones i s'assumeix que l'aprenentatge es dona a partir dels processos d'**interiorització** i **exteriorització** de les pràctiques socials. És a dir, la interacció amb els altres fa que fem emergir les nostres idees, les compartim amb els altres i generem nous aprenentatges compartits dels quals ens apropiem. La *interiorització* (Vygotsky, 1978) és el procés a partir del qual els individus s'aproprien i esdevenen capaços d'utilitzar per ells mateixos eines conceptuals que han descobert a la dimensió social. S'ha descrit que els productes de la interiorització variaran entre individus. Diversos estudis analitzen aquest procés d'interiorització del canvi conceptual per part de l'alumnat de ciències amb l'objectiu de detectar dificultats i dissenyar ajudes per a l'aprenentatge en diferents àmbits de les ciències (Vosniadou, 1994; Tiberghien, 1996; Viennot & Ranson, 1999; Leach et al., 1996; Leach & Scott, 2003)

Larochelle, Bednarz i Garrison (1998) van fer una proposta similar a la interiorització de Vygotsky per explicar que per aprendre coneixements conceptuals de ciències passem del pla social a l'individual a partir de la reconstrucció. Els autors van proposar que aprendre continguts conceptuals implica que qui aprèn construeixi enllaços entre el que sap i les noves idees. Ambdós propostes es basen amb la perspectiva constructivista de l'aprenentatge.

En aquesta mateixa línia Voloshinov (1973) considera que en el procés que fa un individu per construir significat científic, hi intervenen processos de connexió entre mots que rep d'altres persones i les pròpies paraules. Com més connexions es generin, més substancial serà la comprensió. Per tant, comprendre una idea implica connectar allò que sabem amb allò que és nou, és a dir, construir enllaços. En aquest sentit, el llenguatge i altres mecanismes semiòtics donen significat a les idees científiques i faciliten que siguin transmeses entre persones.

D'ençà que Vygotsky (1978) va establir la perspectiva sociocultural, han estat moltes les investigacions que s'han basat en aquesta. El denominador comú adoptat pels diferents punts de vista és la interacció social i com aquesta és decisiva en el procés d'aprenentatge.

1. Els artefactes culturals

La paraula "artefacte" fa referència, des d'un punt de vista ampli, a tot aquell objecte originat pels humans, que també és anomenat *ingeni mental* (Martos & Garcia, 2014). Els artefactes als que ens referim en aquest context són instruments cognitius, és a dir, objectes que s'associen a l'aprenentatge, com pot ser el llenguatge, els símbols i la tecnologia. Els artefactes esdevenen eines mediadores que atorguen sentit a una activitat i permeten la representació de les idees per tal de poder ser compartides entre individus.

En qualsevol instrucció hi ha d'haver sempre algun tipus de mediació entre subjecte i objecte d'aprenentatge. Vygotsky (1978) va definir que les eines de mediació poden ser concretes o abstractes, com ara el llenguatge i les inscripcions físiques simbòliques. Per tant, en una cognició d'ordre superior estem estimulats tant per objectes intencionals com per eines de mediació cognitiva.

L'ús dels artefactes com a eines mediadores s'ha explorat des de diferents àmbits. En el nostre cas ens interessa com el llenguatge i la tecnologia poden mediar l'aprenentatge.

1.1. El llenguatge

El llenguatge dota als individus d'eines per pensar. Des d'aquest punt de vista, s'estableix que el llenguatge té continuïtat amb el pensament. Vygotsky (1962) argumenta que el llenguatge és un artefacte cultural i una eina psicològica donat que connecta la dimensió intermental amb la intramental. La dimensió intermental fa referència al conjunt de les idees compartides i co-construïdes per un col·lectiu que cadascun dels membres d'aquest grup poden interioritzar i establir en el pla intramental, relatiu a l'individu. Per tant, el llenguatge ofereix unes eines amb què primer s'assaja a la dimensió intermental i després es processa i s'utilitza a la dimensió intramental i, per tant, se li atribueix un rol crucial en la generació de pensament tant col·lectiu com individual (Mercer, 2013). Mercer (2013) justifica la relació entre el llenguatge i la generació de pensament col·lectiu en part per la possibilitat que els qui escolten poden interpretar les paraules de qui parla de diferents maneres. Basant-se en Bakhtin (1981), proposa que les paraules que nosaltres escoltem o llegim no només activen el diccionari mental, sinó que generen respostes dialògiques en les nostres ments de tal manera que utilitzem el nostre coneixement per donar-hi sentit.

A més, des de la neurociència es fa una proposta més integrada per a definir el llenguatge vinculat amb la cognició. Es suggereix que les habilitats mentals associades a habilitats no lingüístiques, com l'apreciació de patrons de ritme i estructures a la música, també es relacionem amb les habilitats lingüístiques (Goswami, 2009).

Bakhtin (1981) complementa les aportacions de Vygotsky, donat que aquest darrer no distingeix entre les diferents formes en què el discurs s'utilitza en diferents estrats de la societat (Wertsch, 1991). Bakhtin ho anomena *llenguatges socials* i inclouen els dialectes, argots professionals i també la manera com es parla del món natural, allò que anomenem ciència. El llenguatge amb què parlem i pensem sobre la ciència ha estat desenvolupat per la comunitat científica i esdevé clau per expressar les idees de la ciència. Es basa en l'ús dels conceptes específics com energia, massa i entropia que impliquen el desenvolupament de models que ofereixen una composició simplificada dels fenòmens del món. A més es caracteritzen per certes figures epistemològiques com el desenvolupament de teories que poden ser generalment aplicades a diferents fenòmens i situacions (Leach & Scott, 2003). Per tant, no tot s'hi val en la construcció del coneixement científic i aquest ha de ser consistent amb evidències empíriques del món material.

El discurs en ciències significa la construcció de significats a partir de l'ús de sistemes semiòtics, tant verbals com no verbals (Arnold, 2012). Els alumnes construeixen, reconstrueixen, modifiquen i expandeixen pràctiques discursives particulars, que pertanyen a les grans perspectives canòniques de la ciència (Pekarek-Doehler & Ziegler, 2008). Segons Siry, Ziegler & Max (2012) les pràctiques d'expansió del discurs científic s'originen a partir de perspectives científiques específiques emergents del discurs basades en la interacció que s'orienta a objectius científics. El discurs dels alumnes s'organitza, doncs, al voltant del fenomen científic que estudien i s'origina a partir de totes les interaccions que tenen entre alumnes i experts. També destaquen que el discurs dels alumnes més joves sobre ciència no és una versió de poca qualitat de la ciència estandarditzada o establerta. Sovint aquest discurs precedeix aquests formats de discursos canònics estandarditzats.

D'altra banda, també es parla dels fenòmens científics col·loquialment amb un llenguatge quotidià. Per exemple podem dir "avui he gastat tota la meua energia" després d'un dia llarg i intens. És apropiada aquesta frase ja que la gent pot comprendre completament què es vol expressar. Tot i que no compliria el principi científic de conservació de l'energia. Però això esdevé una manera de parlar en un context quotidià.

Aquest tipus de llenguatge no ha de xocar pas contra allò que entenem com parlar amb rigor. És més, alguns autors consideren que una comprensió madurada dels fenòmens científics passa per parlar i pensar anant d'un registre a un altre d'acord amb el context, reconeixent l'apropiació de l'ús del llenguatge i el potencial i les limitacions de cadascun (Leach & Scott, 2003).

1.2. La tecnologia web 2.0 com artefacte multisimbòlic i mediador cultural

No es pot concebre l'evolució biològica de l'espècie humana sense considerar l'evolució cultural. Stahl (2012) opina que els límits de la ment individual s'han expandit amb el poder del discurs, les inscripcions, la memòria digital, els dispositius computacionals, les infraestructures tecnològiques, la cognició de grup suportada per ordinador i les comunitats virtuals.

Segons Latour (1990), durant l'evolució cultural que hem fet els humans des de la prehistòria fins a l'actualitat, la proliferació de formes d'inscripció ha transformat l'arquitectura cognitiva humana profundament, fet que ha permès l'exteriorització radical i la col·lectivització de la cognició. Coll i Martí (2001) distingeixen que, malgrat que a una aula i a un entorn tecnològic d'aprenentatge podem trobar

els mateixos recursos semiòtics, la tecnologia es distingeix per un major potencial en la integració d'aquests i l'ampliació, fins a límits insospitats, de la capacitat humana per representar, processar, transmetre i compartir informació.

En els darrers anys s'ha començat a conceptualitzar la mediació cognitiva amb artefactes tecnològics amb l'objectiu de comprendre la manera que les noves generacions d'usuaris adopten i adapten les eines digitals, definint i redefinint els vincles conceptuals, socials i pragmàtics que configuren el seu món. Molts estudis han demostrat el potencial d'aquests artefactes tecnològics per mediar l'aprenentatge. Per exemple, Overdijk, van Diggelen, Kirschner i Baker (2012) han demostrat com l'aprenentatge col·laboratiu mediat per ordinador (CSCL de les seves sigles en anglès) incrementa l'expertesa dels membres dels grups col·laboratius i els ofereix un espai per a la construcció del coneixement.

L'objectiu principal de la recerca en CSCL és impulsar l'exteriorització i col·lectivització de la cognició dissenyant mitjans de col·laboració per promoure la cognició de grup per generar noves formes d'aprenentatge individual, construcció grupal del coneixement i les pràctiques socials comunitàries. En aquest context, Stahl (2012) opina que des de la recerca en CSCL caldria anar més enllà de la mera demostració que els individus aprenen millor en grups *online*. Destaca que cal que es focalitzi en dissenyar i investigar en activitats que superin la instrucció tradicional. En aquesta línia, Kapur i Kinzer (2009) i Pathak, Kim, Jakobson i Zhang (2011) han il·lustrat com els grups que treballen en tasques formulades com a reptes estan aprenent de maneres que no estan contemplades des dels indicadors estàndards. I han demostrat que això ha contribuït a incrementar les habilitats del grup per a la resolució de problemes i per tant també les habilitats de cadascun dels individus del grup.

Liljeström, Enkenberg i Pöllanen (2013) suggereixen que en els entorns d'aprenentatge la tecnologia pot ser un mediador significatiu i els atribueixen un seguit de potencialitats. Els membres d'un grup d'aprenentatge poden decidir quan, què i com necessiten utilitzar la tecnologia en la seva indagació. La tecnologia pot desenvolupar un rol important en la mediació de la interacció pel que fa a visibilitzar els processos i els resultats de l'aprenentatge d'un grup d'aprenentatge. A més, possibilita la integració dels objectes d'aprenentatge de l'entorn natural a l'entorn d'aprenentatge, per exemple l'ús de GPS. Per últim, afegeixen que la tecnologia també pot fer d'eina tot mediant i connectant els alumnes amb els experts.

En aquesta mateixa línia, Coll, Onrubia i Mauri (2007) consideren la tecnologia com un instrument psicològic basant-se en la seva naturalesa simbòlica i les possibilitats que ofereix per representar, processar, transmetre i compartir informació. En definitiva, la tecnologia esdevé un instrument psicològic quan s'utilitza el seu potencial semiòtic per planificar i regular l'activitat i els processos psicològics propis i dels altres, fets pel qual es facilita que els alumnes passin de la dimensió intermental a la intramental. Els autors consideren que la tecnologia pot mediar:

- i. Les relacions entre els participants, en especial els alumnes, i els continguts d'aprenentatge
- ii. Les interaccions i els intercanvis comunicatius entre els participants, ja sigui entre professors i estudiants, com entre els mateixos estudiants

En ambdós casos, la tecnologia desplega la seva màxima capacitat medidora com a instrument psicològic quan és utilitzada com a instrument cognitiu o instrument de la ment. És a dir, quan la tecnologia promou que els alumnes pensin críticament amb el contingut que han d'aprendre, pot mediar diferents formes significatives de pensament sobre el contingut. Però la capacitat medidora de la tecnologia com a instrument psicològic pot fer-se o no efectiva en funció de les pràctiques pedagògiques i els usos que els alumnes facin d'aquesta. És per això que el disseny tecnològic esdevé indissociable del disseny pedagògic, en altres paraules, les eines tecnològiques han

d'anar acompanyades d'una proposta sobre la manera com utilitzar-les per al desenvolupament d'activitats d'ensenyament-aprenentatge. De ser així, a més d'instrument cognitiu per als alumnes, la tecnologia pot desenvolupar el seu paper mediador com a auxiliar o amplificadora de l'actuació docent, com a eina de comunicació i col·laboració i com a instrument d'avaluació dels resultats de l'aprenentatge dels alumnes (Coll et al., 2007).

Wegerif (2015) s'afegeix a les aportacions anteriors. Argumenta que la tecnologia no pensa per ella mateixa i treballar amb la tecnologia tampoc implica sempre que aquesta permeti el pensament, però pot ajudar a ensenyar als alumnes a pensar col·lectivament. És quan es combina la tecnologia amb el diàleg reflexiu que els alumnes poden aprendre a pensar. Des de la perspectiva dialògica de l'aprenentatge, la qual s'explicarà a l'apartat 2.3 (pàgina 38) d'aquest capítol, es proposa la comprensió del rol de la tecnologia per facilitar i mantenir el diàleg efectiu on les aportacions i perspectives dels diferents individus són compartides per construir un pensament conjunt en l'expansió de la zona de desenvolupament col·lectiu (Mercer & Littleton, 2007). Wegerif (2015) suggereix que la tecnologia es pot utilitzar per expandir i sostenir l'espai dialògic per ensenyar als alumnes a pensar col·lectivament en el context de la comprensió del coneixement i solucionar problemes del món real. Per últim, Wegerif (2003) identifica i conceptualitza que la tecnologia es pot utilitzar per ensenyar a pensar de quatre maneres: utilitzant-la com a tutor per al pensament, com a instrument per pensar, com a entorn on desenvolupar el pensament i per a obrir, expandir i com a recurs per als espais dialògics.

Desenvoluparem l'estudi del rol de la tecnologia en la mediació de l'aprenentatge al Capítol 3 (pàg. 90) on aprofundirem en les possibilitats que ofereix i revisarem com ha estat utilitzada en diversos contextos educatius i el tipus d'ajudes a l'aprenentatge o bastides (Bruner, 1983) que potencialment pot oferir.

En aquesta tesi partirem del disseny d'un model pedagògic per aprendre ciències de manera col·laborativa que implementarem amb el suport de la tecnologia. Pretenem que els alumnes no només aprenguin continguts científics, sinó també habilitats de treball col·laboratiu i de treball científic i que la tecnologia ajudi a arbitrar el procés d'aprenentatge del grup fent visibles les idees, els processos d'aprenentatge i, en definitiva, que promocióni la construcció d'explicacions elaborades i profundes.

2. Aprendre interaccionant amb els altres

2.1. L'evolució cap a un cervell social

Des de la l'antropologia evolutiva, Robin I. M. Dunbar (1998) va publicar la hipòtesi del "cervell social" per explicar l'increment de la mida del cervell en l'evolució dels primats. Amb aquesta idea proposa que la intel·ligència dels éssers humans té una qualitat intrínsecament social, que ens possibilita desenvolupar-nos amb facilitat en xarxes socials complexes.

El cervell, després del cor, és l'òrgan amb una major demanda energètica. Si el comparem amb el múscul esquelètic, per la mateixa unitat de massa consumeix de 8 a 10 vegades més energia (Kauffman, Hladik & Pasquet, 2003). És per això que l'origen evolutiu dels cervells grans no pot haver estat l'atzar: s'han hagut de fixar al llarg de la història evolutiva gràcies a factors de selecció que superen els desavantatges dels costos energètics d'aquest òrgan (Dunbar, 1998). El neurobiòleg Harry Jerison (1975) ja identificava dos components del cervell que atenen a dues funcions ben diferenciades: d'una banda, aquella estrictament vinculada a la regulació de les necessitats físiques de l'organisme i d'altra banda, totes aquelles tasques que requereixen una naturalesa cognitiva més complexa. El segon component s'ha anat desenvolupant al llarg de la història evolutiva del regne animal, concretament en

les categories taxonòmiques de les classes mamífers i aus. Si es comparen aquests grups amb els peixos, els rèptils i els amfibis, la mida dels seus cervells ha anat incrementant al llarg de l'evolució superant la mida mitjana requerida per mantenir-se viu.

La **mida del cervell** és una de les característiques anatòmiques que més atenció ha rebut en l'estudi evolutiu dels primats. Tradicionalment, s'ha relacionat aquest fenomen amb la resolució de problemes ecològics, com ara els requeriments d'hàbitats de gran extensió geogràfica o d'alimentació especialitzada, o aspectes relacionats amb el desenvolupament fisiològic, com ara la mida corporal o a l'eficiència metabòlica. Alternativament a aquestes propostes, s'ha defensat que allò que diferencia els primats de la resta d'espècies és al complexitat del seu entorn social, que s'atribueix a diferents aspectes: individus que configuren els grups socials, nombre de femelles al grup, conducta de *grooming*, freqüència de coalicions, estratègies de conducta de còpula dels mascles, la prevalença del joc social, la freqüència de la decepció tàctica i la freqüència de l'aprenentatge social.

Dunbar i Shultz (2007) afirmen que la hipòtesi social per explicar la mida del cervell dels primats, actualment té un ampli suport. Aquesta hipòtesi es basa en què els individus que viuen en grups socials estables s'enfronten a demandes cognitives a les quals no s'enfronten si viuen en solitari. Per poder mantenir la cohesió de grup, els individus han de poder cobrir les seves pròpies necessitats, així com coordinar el seu comportament amb altres individus del grup per assolir objectius comuns i resoldre problemes conjuntament. A més, també han de poder solucionar els conflictes que sorgeixen pel fet d'alimentar-se en grup. Des d'aquest punt de vista, la hipòtesi social es podria associar a la hipòtesi ecològica ja que, en definitiva, la supervivència i l'eficàcia reproductiva que comportarien ambdues hipòtesis són essencialment conceptes ecològics. Però els autors defensen que es tracta d'interpretacions diferents, ja que els conflictes ecològics es resolen d'una altra manera, des de l'assaig i error. En canvi, des de la hipòtesi del cervell social es resoldrien des del desenvolupament social. Des de un punt de vista evolutiu, la selecció d'un cervell social implica que els individus pensin i es comportin a partir del desenvolupament d'habilitats socials, cosa que també aprenen i ensenyen a la seva descendència. Des d'aquest punt de vista, els individus serien més competitius que els que no presenten aquestes noves característiques.

Schultz i Dunbar (2007) han identificat que hi ha una pressió selectiva de depredació diferencial cap als individus amb cervells petits. Per tant, la depredació actua directament sobre l'evolució del cervell i els individus amb cervells més grans sobreviuen més anys, fet que els permet deixar més descendència. Tanmateix, viure en grup també té desavantatges, com ara la competició intraespecífica pels recursos i, en el cas de les femelles, la supressió reproductiva (Dunbar, 2013). Un altre dels aspectes que s'ha relacionat positivament amb la selecció de cervells més grans, i que els autors consideren que possiblement és un factor més determinant per a l'evolució, és la monogàmia. Al contrari, s'ha demostrat que les espècies polígames tenen cervells més petits. Aquests resultats suggereixen que la demanda cognitiva de l'aparellament potser va ser el fenomen que inicialment va actuar de factor de selecció per als cervells grans dels vertebrats. Però s'ha identificat una diferència crucial i quantitativament robusta entre els primats antropoides i tots els altres mamífers i aus: només en els primers hi ha una correlació entre el **nombre d'individus del grup social** al qual pertany un individu i la mida del cervell. És per això que els autors argumenten que en un moment temprà de la història evolutiva dels primats antropoides, aquests van aprofitar els diferents tipus d'habilitats cognitives utilitzades per a l'aparellament, per crear relacions entre individus sense intencionalitat reproductiva. A la Figura 1 es compara la ràtio del neocòrtex de diferents primats com a mesura de la mida del cervell que compensa els efectes al·lomètrics de la mida del cos de l'individu per possibilitar la comparació. En aquest gràfic s'evidencia com entre diferents grups de primats, són els homínids els que presenten cervells més grans. A més, entre els homínids que han existit al llarg de la història evolutiva d'aquesta família, és el gènere *Homo*, que actualment només el representa l'*Homo sapiens*, els que presentem un volum del neocòrtex major.

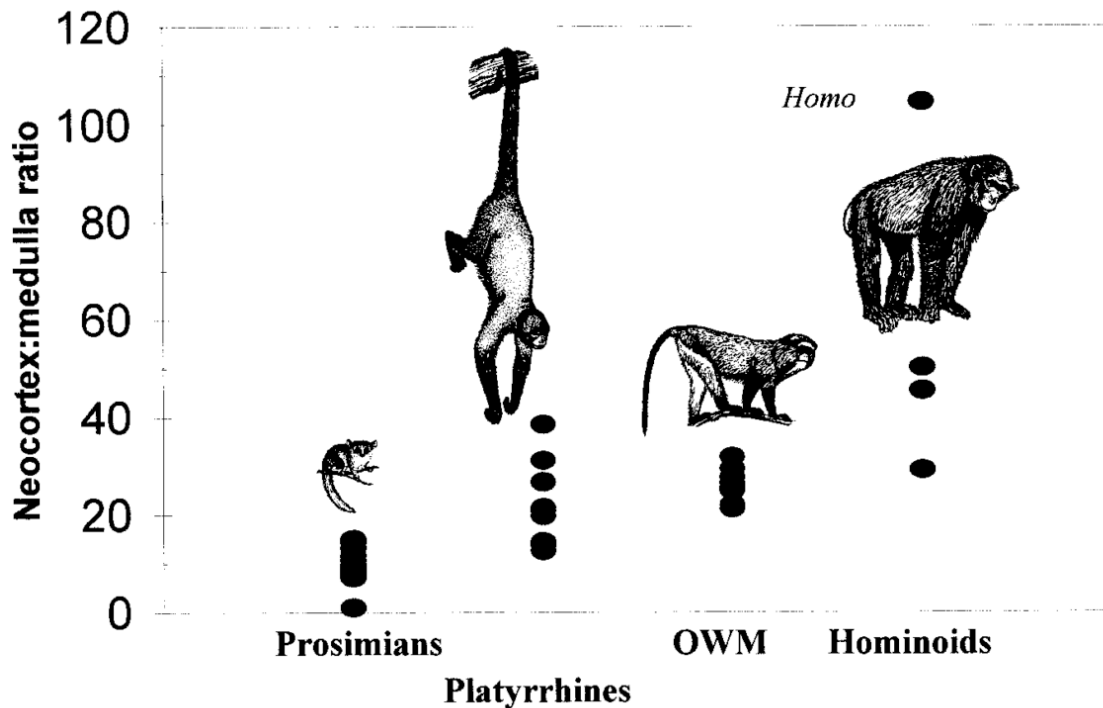


Figura 1. Ràtio del neocòrtex com a mesura de la mida del cervell en diferents grups de primats. Font: Dunbar (1998, p. 180)

S'argumenta que els agrupaments socials són molt exigents pel que fa a demanda cognitiva per dues raons. La primera possibilitat rau en el fet que la monogàmia per a tota la vida és molt arriscada i, per compensar els costos de la reproducció, els individus cal que siguin especialment curiosos en la tria d'una parella de bona qualitat (genètica, per exemple). La segona possibilitat es basa en què la cura parental postnatal requereix de coordinació i d'un comportament sincrònic entre els individus. En efecte, donat que aquest procés requereix inversió de temps i energia, caldrà que els individus es coordinin per regular les seves activitats per tal que cada individu pugui tenir temps suficient per alimentar-se i descansar.

A més, l'organització dels individus en grups socials implica un contracte social implícit. D'una banda, que un individu formi part d'un grup fa que aquest rebi els beneficis de la cooperació: per exemple es redueix el risc de ser depredat. D'altra banda, els membres del grup estan obligats necessàriament a compensar les pèrdues a curt termini de beneficis immediats a l'expectativa de majors guanys a un termini més gran de temps a través de la cooperació. Guiral (2008), en un estudi no publicat on es pretenia avaluar l'efecte de la *fitness inclusiva* o selecció parental en colònies de marmota alpina (*Marmota marmota*) de la Cerdanya, va comprovar que quan es trobaven varis individus de la colònia fora del cau en el moment de la percepció d'un estímul de depredació, els adults inverteixen energia en emetre crits d'alerta. També es va poder distingir que els crits s'intensificaven en cas de presència d'individus juvenils en el moment de l'estímul de depredació. Emetre crits d'alerta per a les marmotes és una de les vies de comunicació més costoses en termes energètics i exposa l'individu al depredador, però d'aquesta manera es protegeixen altres individus, fet que es pot relacionar amb la *fitness indirecta* o altruisme. En el cas específic de la protecció dels juvenils, els beneficis es vinculen al fet que aquests tenen un major potencial reproductiu, però també amb la teoria del gen egoista de Richard Dawkins (1976), donat que aquests comparteixen gens amb els adults de la mateixa colònia. En

definitiva, Silk (2007) assegura que les relacions entre individus són la clau per al manteniment del benestar de l'individu com a part del grup.

Al neocòrtex cerebral se li atribueix el control dels processos cognitius associats al raonament i la consciència. Segons que s'ha argumentat fins al moment, es considera que podria ser la part del cervell que ha estat més intensament seleccionada i que ha incrementat o millorat l'efectivitat d'aquests processos cognitius. Dunbar (1998) però, argumenta que no hi ha cap raó intrínseca per suposar que ha estat la memòria *per se* allò que s'ha seleccionat. La memòria imposa limitacions al nombre de relacions que pot fer un individu i la hipòtesi del cervell social focalitza en l'habilitat per gestionar la informació i no simplement recordar-la. Endemés, les àrees que es pensa que estan vinculades a la memòria són els lòbuls temporals, mentre que és el neocòrtex prefrontal el que s'associa a les habilitats socials i a la teoria de la ment. A més, també s'ha correlacionat que el desenvolupament de neocòrtexs grans en primats es dona durant el període d'aprenentatge social juvenil o preadult i no al desenvolupament embrionari com es podria pensar.

D'altra banda, la investigació ha identificat que les neurones mirall s'activen, no només quan un primat desenvolupa una acció, sinó quan observa un membre de la comunitat fent la mateixa acció. Mukamel, Ekstrom, Kaplan, Iacoboni i Fried (2010) han estat estudiant el funcionament de les neurones mirall en humans. Han descobert que les neurones mirall actuen en les activitats voluntàries i també s'ha relacionat que s'activen quan s'observen els moviments i les gesticulacions dels altres quan s'expressen, cosa que fa que ens ajustem als altres a partir de compartir objectius i accions.

La hipòtesi del cervell social ha estat estesa i reforçada des de diverses branques de la ciència. Uns anys abans Edward O. Wilson, el pare de la sociobiologia, publicava l'any 1975 el llibre de referència "Sociobiology" amb el qual establia els fonaments d'aquesta branca de la biologia que es basa en el mateix principi de la hipòtesi de Dunbar (1998): que el comportament social és el resultat de l'evolució. Altres ciències que es sumen a aquesta perspectiva són la psicologia evolutiva, algunes branques de la paleoantropologia i l'etologia. També recentment alguns autors des de la psicologia de l'educació han vinculat aquests coneixements per estudiar com aprenem amb els altres. Al proper apartat ens centrarem en aquesta vinculació.

2.2. Un cervell social per pensar conjuntament

Avui en dia a la nostra societat es considera crític i necessari tenir l'habilitat de resoldre problemes de manera col·laborativa i utilitzar la tecnologia apropiada que la faciliti. Educar els alumnes amb aquestes habilitats també és responsabilitat de l'escola.

El caràcter social del nostre cervell fa que aquest s'orienti constantment cap als altres i que la generació de significats sigui fruit principalment de la construcció per mitjà de la interacció amb els altres, més que a partir d'un procés intern individual (Royal Society of Arts, 2010, pàg. 2). Des de la neurociència s'afirma que el cervell humà està dissenyat per facilitar a les persones ajustar-se amb sensibilitat a les perspectives i les emocions dels altres, fet que permet la col·laboració de la qual es pot beneficiar tota una comunitat. Les capacitats i habilitats cognitives del nostre cervell argumentades en l'apartat anterior 2.1 i que han estat fixades al llarg de l'evolució, contrasten amb l'enfocament d'un ensenyament tradicional basat en la memorística i que no contempla la interacció com a element clau per a la construcció del coneixement.

Des d'una perspectiva que parteix de la psicologia evolutiva, Neil Mercer (2013) pretén enllaçar la hipòtesi del cervell social i la teoria de la ment amb els processos socials i cognitius implicats en educació. Proposa que el disseny social del nostre cervell ens permet raonar conjuntament per assolir objectius comuns, coconstruir el coneixement i resoldre problemes. Però no només això, sinó

que les capacitats del nostre cervell ens permeten interpretar les intencions dels altres, avaluar quins coneixements compartim amb els altres, jutjar el seu nivell de comprensió o d'habilitats en relació a qüestions específiques i, en definitiva, desenvolupar processos metacognitius. S'hi afegeix l'aportació de Jeong i Chi (2007), que consideren que és exclusiu de l'espècie humana el fet d'utilitzar les interaccions de manera continuada per ajustar els judicis sobre com progressen els companys en el coneixement i la comprensió, fet que ens permet ajudar als altres en l'aprenentatge. D'aquesta manera podem completar el cicle de planificar-actuar-reflexionar-replanificar que implica resoldre problemes, compartir el coneixement i construir nous coneixements de manera compartida, allò que Littleton i Mercer (2013) anomenen **interpensament**. En aquest sentit, Levinson (2006) considera que aquestes capacitats van lligades a l'aparició del llenguatge.

Mercer (2013) també considera que el pensament col·lectiu possibilita que les noves generacions es beneficiïn de l'experiència i del coneixement generats per la comunitat al passat, de tal manera que les capacitats potencials del cervell social de cada infant es desenvolupen a partir de la interacció social. En definitiva, l'activitat intel·lectual col·lectiva té una influència significativa en el desenvolupament de la cognició individual. Per precisar el vincle entre el pensament col·lectiu, que defineix com a dimensió **intermental**, i el desenvolupament de la cognició individual, que anomena dimensió **intramental**, pren de referència la perspectiva sociocultural de Vygotsky (1962, 1978).

Vygotsky (1978), des del model individual de desenvolupament, afirma que tot allò que és intern en les funcions mentals d'ordre superior, en algun moment ha estat extern. L'habilitat per desenvolupar activitats cognitives individualment pressuposa i s'origina a partir d'un procés previ de socialització. Com a conseqüència d'això, Vygotsky determina que per aprendre cal la interacció amb un expert. Per tant, els individus germinen les seves habilitats en circumstàncies intersubjectives. Alguns autors, basant-se amb Leont'ev (1981), es refereixen al que Vygotsky anomena "interiorització" com un procés d'apropiació personal del capital cultural que resulta d'un període de participació guiada o aprenentatge cognitiu (per exemple: Rogoff, 1990; i Rojas-Drummond, Hernandez, Velez & Villagran, 1998).

Tot i que Vygotsky es centrava exclusivament en la interacció entre un adult i un alumne, les seves aportacions també es poden estendre en la dimensió de la interacció entre alumnes (Mercer & Howe, 2012). És a dir, aquest expert pot ser el professor o bé algun company o varis d'ells. Vygotsky incorpora aquesta idea en el concepte de la "Zona de Desenvolupament Proper" (a partir d'ara ZDP). L'autor defineix la ZDP com "la distància entre el nivell de desenvolupament real determinada per la resolució de problemes de manera independent i el nivell de desenvolupament potencial determinada a través de la solució de problemes sota el guiatge d'un adult o en col·laboració entre iguals més competents" (Vygotsky, 1978, pàg. 86). És a partir d'aquesta interacció que l'individu i l'expert s'involucren en un diàleg amb l'objectiu d'ampliar els coneixements i punts de vista. Sedova, Salamounova i Svaricek (2014) consideren que els alumnes interioritzen les aportacions fruit d'aquest guiatge. És per això que aquesta guia es descriu com a temporal, com una transferència de responsabilitat gradual que té per objectiu promoure en l'individu l'apropiació del coneixement i de les habilitats (Rojas-Drummond, Torreblanca, Pedraza, Vélez & Guzmán, 2013). En aquest sentit, Mercer i Littleton (2007) proposa el concepte de "**Zona de desenvolupament col·lectiu**" (a partir d'ara ZDC) per definir el nivell de desenvolupament potencial d'un individu influenciat per la interacció col·laborativa productiva i l'avenç comú entre companys.

Mercer i Howe (2012) argumenten que aquesta perspectiva contempla que el pensament, l'aprenentatge i el desenvolupament només poden ser explicats tenint en compte la naturalesa col·lectiva i històrica de la vida humana. Així, el desenvolupament de la cognició humana ve determinada pel pensament individual i l'activitat social. En aquest sentit, els autors proposen que tant els èxits com els fracassos acadèmics no només depenen dels esforços de l'individu, sinó del producte

de les formes culturalment situades d'interacció social. Per tant, el coneixement és una propietat compartida entre els membres de la comunitat, que utilitzen instruments culturals, relacions i institucions per a aquest propòsit. En el nostre cas, la institució és la Universitat. D'aquesta manera, apunten els autors que a través de les interaccions es crea una comprensió col·lectiva.

Altres autors han definit l'aprenentatge com un procés mediat per instruments culturals que es construeix socialment durant la interacció i l'activitat amb els altres (King, 2007; Mercer, Wegerif & Dawes, 1999). Aquest és influenciat per l'entorn històric, social i cultural del lloc on es dona. D'aquesta manera, es postula que la participació en diàlegs desenvolupats en interaccions entre iguals i amb el docent faciliten en bona part que s'assoleixi l'aprenentatge i el desenvolupament (Rojas-Drummond et al., 2013).

En aquesta línia destaquem els elements comuns entre els conceptes de ZDP, ZDC i *bastida* (Wood, Bruner & Ross, 1976). Amb aquest concepte es defineix el conjunt d'ajudes a l'aprenentatge a curt termini que es donen a nivell unidireccional entre expert i alumne (ZDP) i bidireccional entre alumne i alumne (ZDC) amb l'objectiu d'adquirir una habilitat particular o un tipus de coneixement.

Per tant, la construcció de significats és un procés dialògic, el qual definirem a continuació, fruit de la conversa entre persones i l'aprenentatge es considera un procés a partir del qual els individus són introduïts a la cultura per membres amb majors habilitats. A mesura que això va succeint i van participant en diferents activitats d'aquesta cultura, s'apropien d'instruments culturals (Driver, Leach, Scott & Wood-Robinson, 1994b; Matthews, 2000). Com a conclusió, a partir del llenguatge per establir el diàleg i l'acció amb els altres aprenem a raonar i prenem consciència individual, per tant el llenguatge s'integra amb altres aspectes pròpiament cognitius del pensament (Vass & Littleton, 2010).

2.3. La perspectiva dialògica de l'aprenentatge: una proposta fonamentada en la interacció

Recentment, l'enfocament dialògic de l'ensenyament-aprenentatge, que està estretament vinculat a la perspectiva sociocultural, ha atret l'atenció dels investigadors en didàctica de les ciències. Aquesta atenció es fonamenta en el fet que aquest enfocament possibilita una major autonomia, significació, facilitat i igualtat d'oportunitats per aprendre (Resnick et al., 2015).

Ambdós perspectives, la sociocultural i la dialògica de l'aprenentatge, posen de relleu la importància del diàleg per aprendre.

Dialògic significa que pertany al "diàleg", però el concepte comporta gran varietat d'interpretacions. Sovint s'associa el concepte a les aportacions del filòsof i teòric literari Bakhtin (1895-1975). Però l'origen del concepte es relaciona a moltes disciplines com ara la pedagogia, sociologia, economia, sociologia, política i filosofia. Aquest concepte sorgeix de l'interès per entendre l'educació com un element de transformació social que promou el diàleg orientat per pretensions de validesa i no de poder. Per tant, per contribuir a la construcció d'una societat democràtica des de l'educació. Wegerif (2010) proposa que en un context dialògic, el concepte "educació" implica no només l'adquisició de coneixement sinó també la llibertat per qüestionar allò que s'ensenya i la llibertat per participar en la creació d'un nou coneixement.

En l'aprenentatge dialògic es genera un diàleg igualitari on cada individu aporta arguments per arribar al consens i generar una construcció compartida a partir dels acords. Wegerif (2005) defineix l'espai on es poden exposar les perspectives individuals per a la creació d'un diàleg constructiu com a "espai dialògic". La importància i el concepte d'**espai dialògic** en educació pot ser comparable a la Zona de Desenvolupament Proper de Vygotsky anteriorment exposat. En contrast amb la ZDP, l'enfocament

dialògic no només afavoreix la interiorització o apropiació individual dels artefactes culturals, sinó que permet la interiorització o apropiació de l'espai dialògic on els artefactes culturals poden ser capaços de donar significat en primer lloc. Aprendre a pensar per un mateix és aprendre a ubicar-se en un espai de diàleg a través del qual qualsevol cosa pot ser qüestionada i vista des d'una altra perspectiva (Wegerif & Yang, 2011). Ser capaç d'interioritzar o apropiat-se de l'espai dialògic també indica que els alumnes estan aprenent a desenvolupar noves perspectives creatives i solucionar nous reptes, cosa que s'interpreta com una competència vital d'aprendre a aprendre junts (Yang et al., 2011).

Aubert, Garcia & Racionero (2009) proposen set principis generals que defineixen i estableixen l'aprenentatge dialògic. Aquests són: el diàleg igualitari, la intel·ligència cultural, la transformació, la dimensió instrumental, la creació de sentit, la solidaritat i la igualtat de diferències.

i. El diàleg igualitari

El diàleg igualitari fa referència al diàleg que es dona entre les diferents persones que participen d'aquest i la valoració de les seves aportacions en funció de la validesa dels seus arguments, deixant de banda les possibles relacions de poder o jerarquies socials establertes.

ii. La intel·ligència cultural

La intel·ligència cultural comprèn les intel·ligències acadèmica, pràctica i comunicativa que permeten als membres de la comunitat arribar a acords a través del llenguatge en diferents àmbits socials.

iii. La transformació

L'educació s'ha de basar en el canvi per superar tant les teories de l'aprenentatge reproduccionista com la visió postmoderna que no és possible canviar les coses. Així, des de la perspectiva dialògica de l'aprenentatge s'aposta per fer possibles els canvis en les pròpies persones i el seu entorn.

iv. La dimensió instrumental

L'aprenentatge dialògic integra l'aprenentatge instrumental de tots els coneixements imprescindibles per viure a la societat actual sense un sentit oposat al diàleg i una educació democràtica.

v. La generació de sentit

L'aprenentatge dialògic promou l'aprenentatge que parteix de la interacció i de les demandes i necessitats dels individus, essent aquests mateixos els que guien el propi procés d'aprenentatge. Aquesta visió es situa en contraposició i com a possible solució a la pèrdua de sentit que experimenta una part de l'alumnat.

vi. La solidaritat

Les pràctiques educatives democràtiques que tenen per objectiu la superació del fracàs escolar i la consegüent exclusió social cal que estiguin basades en la solidaritat.

vii. La igualtat de diferències

En darrer lloc, cal que la diversitat sigui entesa com a riquesa cultural i que sigui identificada com a positiva, però sempre prenent de referència el valor de la igualtat.

Aquests set principis emergeixen de les evidències de com les persones aprenem dialògicament i teoritzen les condicions sobre les que l'aprenentatge a través de la interacció comunicativa genera més i millor coneixement. "A través d'un diàleg igualitari que reconeix la intel·ligència cultural en totes les persones, que s'orienta a la transformació, que prioritza la dimensió

instrumental al mateix temps que la solidaritat, que genera sentit i que parteix de la igualtat de diferències, s'aconsegueix aprendre de manera més adequada a les exigències de l'actual societat de la informació." (Aubert et al., 2009, pàg. 138)

En l'aplicació de l'enfocament dialògic emprat en l'aprenentatge de les ciències, Mercer i Howe (2012) proposen que ha de provocar l'argumentació raonada, l'anàlisi crític i la reflexió col·lectiva. Mercer (2008) afegix que per establir el discurs que genera aprenentatges productius cal fixar unes normes per a la interacció social, que requereixen esforços col·lectius sistemàtics i longitudinals.

Però en contrast amb aquest potencial Resnick et al., (2015) consideren que genera una demanda complexa cap als docents i els discentos. Per exemple, per als professors genera una situació de tensió combinar el fet d'oferir a l'alumnat oportunitats diversificades per explorar diferents perspectives i mantenir el control suficient sobre l'acompliment dels objectius curriculars (Kovalainen & Kumpulainen, 2005; Scott, Mortimer & Aguiar, 2006).

En aquesta tesi prenem de referència la perspectiva de l'aprenentatge dialògic per establir un model pedagògic per a l'ensenyament de les ciències. Pretenem que l'aprenentatge es caracteritzi pels valors democràtics i que esdevingui productiu i significatiu per a l'alumnat. Que fomenti l'autonomia dels alumnes ajudant-los a aprendre a autoregular l'aprenentatge i els processos d'aprendre a aprendre junts. Pretenem que les ajudes pedagògiques estiguin mediades per la tecnologia i que promocionin la reflexió i la metacognició.

A continuació ens centrem amb la conceptualització dels aspectes relatius a l'aprendre a aprendre junts.

2.4. L'aprendre a aprendre junts

Aprendre a aprendre (L2L, de l'anglès "learning to learn") consisteix en un conjunt d'habilitats relatives a indagar i argumentar (Kuhn, 2005) i en meta-estratègies suficientment generals per ser aplicables a situacions noves que ajuden a l'individu a enfrontar-se als reptes per als que ha d'estar específicament preparat (per exemple Fredriksson & Hoskins, 2007; Higgins et al., 2006). Pifarré, Wegerif, Guiral i del Barrio (2014) defineixen L2L com l'habilitat més important que permet a les persones adaptar la seva manera de pensar amb flexibilitat en moments on els canvis són ràpids, com l'actual. Per tant, les habilitats que es vinculen a l'aprendre a aprendre permeten a l'individu el desenvolupament de l'adaptació de maneres de pensar i la flexibilitat de les mateixes. Però L2L s'ajusta a una ideologia liberal i capitalista que prepara a l'individu per ser un explorador autònom en un món canviant. Una altra ideologia que varis autors (per exemple Schwarz, de Groot, Mavrikis, & Dragon, 2015) consideren que s'adapta millor a les necessitats formatives dels ciutadans del segle XXI de societats democràtiques, la qual compartim, és una perspectiva més social. La col·laboració és un instrument poderós donats els valors nobles que s'hi associen com ara la solidaritat i la fraternitat. A més, Internet i la web 2.0 han obert la porta a noves formes de treball i de pensament que es basen en la societat global en xarxa on la col·laboració és un aspecte crucial i d'aquest se'n deriva la necessitat d'incorporar el rol dels altres com a variable clau per a possibilitar l'aprenentatge (Pifarré & Li, 2017).

Les exigències del món actual cada vegada més s'orienten a l'aprendre amb els altres, la qual esdevé una competència complexa. Rupert Wegerif ha proposat el concepte d'**aprendre a aprendre junts** (a partir d'ara L2L2, "learning to learn together" en anglès) per educar als alumnes per a l'era del coneixement (p. e. Wegerif, 2013; Wegerif & Laa, 2010; Wegerif, Li & Kaufman, 2015). L2L2 neix de la inspiració en aquells professionals que s'organitzen en equips de treball i que han de resoldre problemes conjuntament i prendre decisions. Wegerif i de Laa (2010) van definir l'L2L2 com una combinació de l'espai i el temps en les xarxes de treball i dels diàlegs per ensenyar habilitats de pensament d'ordre

superior en una societat interconnectada. Wegerif (2007) defineix aquest espai com a **espai dialògic**, el qual combina la gestió de la tasca (com organitzar indagacions complexes amb múltiples etapes) i les relacions socials que s'estableixen per poder-la resoldre (treballar amb actituds, expectatives i identitats per participar constructivament de l'aprenentatge en col·lectiu). L2L2 implica que els alumnes aprenguin a desenvolupar estratègies de treball amb altres persones mentre desenvolupen tasques d'indagació o argumentació i això s'esdevé a partir de l'establiment d'una nova **cultura de grup** que implica fer explícites les normes existents per què els membres en prenguin consciència, hi reflexionin i puguin canviar-les (Schwarz et al., 2015).

Molts autors consideren que col·laborar no és una capacitat innata de l'ésser humà (Gillies, 2003; Gillies & Ashman, 1996; Johnson & Johnson, 1990; Webb, 2009). És per això que organitzar als alumnes en petits grups no garanteix que es desenvolupin interaccions basades en la col·laboració ni tampoc l'aprenentatge. Per tant és indispensable que els alumnes sàpiguen què vol dir col·laborar i que se'ls ensenyi explícitament com fer-ho (Dawes & Sams, 2004). Aprendre col·laborativament implica aprendre amb els altres i dels altres. Això dependrà de l'establiment d'un llenguatge i significats comuns respecte a l'activitat i d'un objectiu comú entre els participants (Onrubia, Colomina & Engel, 2008).

Laal i Ghodsi (2012) afegixen que en la col·laboració, els alumnes són responsables de les seves accions, incloent-hi l'aprenentatge, i respecten les habilitats i contribucions dels seus companys. Però Johnson & Johnson (1990) interpreten aquesta visió de la col·laboració amb el terme "cooperació". L'aprenentatge col·laboratiu no suposa essencialment un procés de divisió del treball sinó que involucra als alumnes en un esforç conjunt i coordinat per realitzar una activitat compartida. Destaquen, doncs, la participació simètrica i igualitària dels alumnes en el desenvolupament de l'activitat.

Leseman, Rollenberg i Gebhardt (2000) proposen dos elements indispensables en l'aprenentatge col·laboratiu: la coconstrucció i la intersubjectivitat.

En referència al concepte de **coconstrucció**, aquests autors emfatitzen la rellevància de la participació activa dels individus en l'activitat col·laborativa i el fet que aquesta ha d'estar marcada per les relacions semànticament coherents entre les contribucions dels altres companys: ha d'haver-hi reciprocitat entre els participants.

D'altra banda, el concepte d'**intersubjectivitat** il·lustra la comprensió conjunta d'un concepte a la qual arriba un grup d'individus treballant junts i tenint en compte les perspectives dels altres. El concepte d'intersubjectivitat ha estat un dels conceptes clau a l'hora d'estudiar l'aprenentatge fruit de la interacció amb altres persones i s'ha abordat des de diferents línies d'investigació les quals hi han aportat matisos (Matusov, 2001). Cole (1991) entén intersubjectivitat com el desenvolupament d'un sentit comú o compartit en una activitat sociocultural conjunta. Dawes i Sams (2004) la defineixen com una comprensió compartida de l'activitat i els objectius. I Wertsch (1985) descriu la intersubjectivitat com la comprensió mútua d'una situació en què l'alumne és capaç d'experimentar com l'adult atorga sentit a la situació educativa, és a dir, l'alumne es posa en la perspectiva de l'adult mentre rep ajudes per poder fer-ho per si mateix, apropiant-se de la situació en el pla intern. Habermas (1991) i Wegerif (2007) proposen que la intersubjectivitat és la manera com els participants s'orienten a ells mateixos a través del diàleg amb la finalitat d'aconseguir una comprensió mútua i/o compartida de l'activitat que es realitza conjuntament. Per a representar aquesta idea, Wegerif (2007) proposa el concepte **d'orientació intersubjectiva**, que és implícit a l'espai dialògic que hem introduït anteriorment. Aquesta perspectiva forma part de l'aprenentatge dialògic.

En la proposta d'intersubjectivitat fonamentada en el diàleg, Bakhtin (1986) sosté que en un diàleg els participants estan interconnectats de tal manera que no només responen a allò que diuen els altres, sinó que ho fan anticipant-se a com creuen que respondran. En altres paraules, es posen a la

perspectiva dels altres. A aquesta idea Wegerif (2010b) afegeix que en qualsevol diàleg no només ens orientem a les altres persones sinó a la idea que tenim d'elles, cosa que incorpora la nostra idea de com pensem que ens respondran. Rommetveit (1992) ho interpreta com un procés recíproc d'oferir perspectives i agafar les dels altres.

S'ha observat que algunes característiques particulars del diàleg entre companys de grup col·laboratiu s'associen a una resolució efectiva i productiva de la tasca compartida i, per tant, al desenvolupament de la comprensió i l'aprenentatge associat a la tasca. Wegerif, Mercer i Dawes (1999) demostren que una conversa de grup rica i constructiva ajuda als grups a raonar conjuntament i això té un impacte positiu i significatiu en l'aprenentatge individual. Mercer i Littleton (2007) han anomenat aquest tipus de diàleg com a **conversa exploratòria** que és efectiva per al raonament col·lectiu. En una conversa exploratòria els companys participen activament i es comprometen críticament però de forma constructiva a les idees dels altres. Les aportacions dels diferents membres es posen a disposició del grup per sumar esforços i les diferents opinions es tenen en compte abans de prendre una decisió conjunta. La funció del llenguatge en aquest tipus de conversa no només és per compartir informació sinó per possibilitar un raonament intrínsecament social.

En aquesta tesi doctoral prendrem el concepte d'intersubjectivitat des de la perspectiva dialògica i ens interessa particularment com els alumnes construeixen les idees a partir de la interacció i com s'articulen les unes amb les altres. Per això caldrà que els alumnes siguin capaços de negociar aspectes del treball en grup com ara planificar, establir objectius comuns, discutir les normes de treball grupal, les responsabilitats i les expectatives. D'una banda, Vonderwell (2003) va identificar que els alumnes que treballen col·laborativament coordinen el seu aprenentatge definint normes comunes per al treball grupal, terminis i responsabilitats. Per tant, els alumnes caldrà que aprenguin a adaptar-se per assolir una major autonomia i aprendre estratègies per a la col·laboració efectiva. D'altra banda, Hammond i Wiriyapinit (2004) van identificar que els alumnes també planificaven les seves activitats assignant rols als individus del grup per explorar els continguts i per reflexionar sobre la naturalesa i el propòsit del treball grupal.

Però per esdevenir una comunitat d'aprenentatge exitosa, a més de desenvolupar un sentit de comunitat, construir un clima de confiança i promoure el benestar del grup, els alumnes també necessiten desenvolupar habilitats de regulació de grup. L2L2 comporta una forma de metacognició social que estén el coneixement d'un mateix com a aprenent per incloure el coneixement sobre tots els membres del grup com aprenents i sobre com treballen, i per tant aprenen, junts.

En resum, L2L2 és definida com una competència complexa que requereix que tots els membres del grup tinguin la capacitat de coordinar-se, regular-se i planificar la tasca d'aprenentatge mantenint en equilibri les habilitats individuals, la motivació i les expectatives a partir d'un diàleg constant.

En el context del projecte Metafora, que descriurem al CAPÍTOL 5. EL PROJECTE METAFORA, i amb l'objectiu de facilitar la comprensió de L2L2 Yang, Wegerif, Dragon, Mavrikis i McLaren (2013) van desempaquetar els aspectes clau implicats en l'aprendre a aprendre junts. La identificació d'aquests aspectes clau del L2L2 ha servit de marc per al disseny d'ajudes tecnològiques a l'aprenentatge en el mateix projecte.

Les variables clau per al L2L2 són quatre: el lideratge distribuït, el compromís mutu, l'avaluació entre iguals i la reflexió de grup al voltant del procés d'aprenentatge. A continuació les definim.

2.4.1. El lideratge distribuït

El lideratge es relaciona amb el procés d'influència que té un líder sobre aquells que el segueixen. Però cal no oblidar el caràcter bidireccional d'aquesta relació que es caracteritza per la consecució d'objectius comuns d'un grup o societat. Hollander (1978) destaca, però, que en aquesta relació no només és el líder qui s'esforça sinó que per possibilitar-se la relació calen els esforços cooperatius dels altres.

Seguint aquest mateix argument, Li i col·laboradors (2007) afirmen que per comprendre el lideratge com un procés social recíproc enlloc d'una propietat individual, les responsabilitats de lideratge han de ser considerades com a compartides entre els membres del grup. En aquesta consideració és possible que no hi hagi un límit clar entre aquells que són considerats líders i els seguidors.

Per Liljeström i col·laboradors (2013), el coneixement és col·lectiu i distribuït, és a dir, el coneixement és una propietat col·lectiva però no tothom ha de saber ni saber fer el mateix. Els autors consideren que les funcions més importants d'una comunitat d'aprenentatge, que podria considerar-se un grup de treball o un grup classe, són: elaborar i compartir idees, pensaments i habilitats, que són apropiades pel col·lectiu al pla intermental i que posteriorment ho farà l'individu al pla intramental.

2.4.2. El compromís mutu

El compromís mutu amb els objectius compartits assegura la coherència d'una comunitat al llarg del temps i això suposa per tant un component essencial en qualsevol pràctica (Wenger, 1998 pàg. 73-75). Els artefactes compartits proporcionen un repertori ric d'àncores de referència per al compromís i la comprensió mutus.

Crook (1994) discuteix que hi ha una línia de desenvolupament d'una intersubjectivitat secundària en els alumnes. És el joc simbòlic que té un paper crucial en la coordinació d'activitats i en la generació d'un marc comú per a la col·laboració. Que els alumnes prenguin consciència del model d'aprenentatge compartit pel grup juga un paper crucial en el foment del compromís mutu.

2.4.3. L'avaluació entre iguals

L'avaluació entre iguals durant el procés de treball col·laboratiu esdevé un *feedback* per al grup sobre els aspectes de l'aprendre a aprendre junts. Implica la revisió i reflexió dels processos de coconstrucció del coneixement i de la interacció i, en definitiva, s'activen processos de metacognició (Yang, Wegerif & Pifarré, 2010). La metacognició es defineix generalment com el coneixement i el

control que els alumnes tenen sobre les seves pròpies activitats cognitives (per exemple: Pintrich, Wolters, & Baxter, 2000).

És important per afavorir l'aprendre a aprendre junts que hi hagi una avaluació constant per part dels propis membres del grup de com treballen conjuntament.

2.4.4. Reflexió de grup al voltant del procés d'aprenentatge

El procés d'aprenentatge de grup evoluciona constantment i amb aquest, també evoluciona com els alumnes comprenen de manera compartida aquest progrés. Pifarré i col·laboradors (2014) considerem que la comprensió compartida es pot considerar com un procés d'aprenentatge en si mateix.

Es autors proposen tres orientacions per fer explícits aquests processos de grup i facilitar doncs la reflexió de grup:

- i.* Reflexionar sobre els rols emergents, normes i mancances que tenen conseqüències sobre els individus i el col·lectiu.
- ii.* Reflexionar sobre les preferències personals, la responsabilitat col·lectiva i el nivell de participació
- iii.* Reflexionar sobre l'estructura interpersonal de l'aprenentatge de grup i l'estructura emergent, allò que els individus han d'aprendre i allò que realment aprenen.

Aquests tres punts es proposen com a possibles oportunitats per als alumnes de pensar en el model compartit de procés d'aprenentatge de grup i emfatitzen els diferents tipus de regulació de grup i coordinació que es requereixen per fer evolucionar el model.

3. Del raonament col·lectiu al raonament individual

Hem exposat fins al moment que concebem l'aprenentatge com un procés on l'individu està en interacció amb la dimensió social a partir dels artefactes culturals i que el nostre cervell social ens permet connectar la dimensió intermental amb la intramental. És d'aquesta manera que els humans transcendim les limitacions individuals.

S'ha identificat que participar en activitats d'argumentació en grup col·laboratiu implica una millora en les habilitats de raonament individuals (per exemple: Augustinova, 2008; Roseth, Johnson & Johnson 2008; i Slavin, 2009). Mercer (2013) dona tres explicacions, que no són mútuament excloents, sobre com a partir de l'aprenentatge dialògic i la resolució de problemes es transfereix l'aprenentatge grupal a l'aprenentatge individual. Aquestes són:

- **Apropiació:** els alumnes poden aprendre estratègies per a la resolució de problemes i explicacions dels altres durant una activitat col·laborativa. A partir del diàleg poden compartir coneixements rellevants de manera efectiva mentre desenvolupen la tasca i expliquen les seves estratègies els uns als altres. Així és com poden adquirir noves informacions útils i estratègies els uns dels altres i aplicar-les individualment en altres situacions.

- **Co-construcció:** a partir del diàleg poden coordinar els seus esforços mentals, poden compartir i discutir idees per construir noves estratègies robustes i generalitzables per completar la tasca compartida. Probablement aquestes estratègies definides entre tots seran millors que les que podrien desenvolupar individualment i fins i tot millor que la suma de totes les intel·ligències individuals. Es correlaciona amb el sumatori de la sensibilitat social dels membres del grup i la qualitat de la gestió dels torns de paraula, que són el conjunt d'elements que Wegerif (2007) ha definit com a espai dialògic. Quan els individus es trobin en situacions similars, podran utilitzar les noves estratègies i solucions que el grup ha generat. Woolley, Chabrsi, Pentland, Hashmi i Malone (2010) ho han anomenat **intel·ligència col·lectiva**. Wegerif i col·laboradors (2016) treballen sobre aquesta idea en un estudi per avaluar la qualitat de la coconstrucció o, com l'anomenen els autors, el **pensament de grup**.
- **Transformació:** viure l'experiència de discutir en grup amb l'objectiu de resoldre una tasca compartida pot transformar la naturalesa del raonament individual. Si en la discussió s'estableixen unes normes que promoguin que el raonament es faci explícit i les afirmacions es justifiquin, l'argumentació col·laborativa que implica la resolució de la tasca pot promoure que els alumnes activin processos metacognitius amb els quals prenguin consciència crítica de com han raonat. Participar en debats racionals també pot fer que els alumnes siguin més conscients de les possibilitats dels diferents punts de vista i com aquests poden generar una contradicció amb les seves pròpies assumpcions. En aquesta línia, Muller-Mirza i Perret-Clermont (2009) afirmen que aquests processos poden promoure que l'individu desenvolupi una postura reflexiva i la capacitat del diàleg intramental. I s'afegeix Wegerif (2010a) a aquest argument quan argumenta que les formes superiors de raonament humà són essencialment dialògiques, de manera que l'individu amb habilitats de pensament d'ordre superior té la capacitat de valorar punts de vista diferents, fins i tot contradictoris, i debatre'ls internament. Finalment, a aquesta explicació s'hi associa l'aportació de Wertsch (1979) en el sentit que la regulació externa proporciona recursos a l'individu perquè aquest desenvolupi la seva autoregulació. S'ha comprovat que l'habilitat dels alumnes per regular, monitoritzar i reflexionar sobre les activitats d'aprenentatge que desenvolupen es correlacionen amb el seu èxit com a aprenents (p. ex.: Whitebread & Pino Pasternak, 2010). En resum, l'activitat intermental derivada de l'experiència social, transformarà el desenvolupament psicològic dels individus en un raonament intramental més dialògic que endemés contribuirà al fet que l'individu pugui autoregular la seva activitat en el futur.

Les tres explicacions són compatibles amb les versions actuals de la teoria sociocultural i posen de relleu les capacitats del cervell social per compartir informació, identificar el coneixement que es comparteix i planificar activitats orientades per objectius comuns. En definitiva, les tres explicacions descriuen la interiorització dels efectes de l'aprenentatge col·laboratiu en l'aprenentatge individual.

A l'estudi 3 d'aquesta tesi ens centrarem en la investigació dels canvis o transformacions que han fet els individus des dels seus coneixements previs fins a la l'apropiació dels significats i les habilitats d'indagació que han explorat i coconstruït en grup després de participar en una proposta educativa que hem dissenyat per donar suport a l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació. Avaluarem la qualitat del pensament de grup basant-nos en l'eina d'avaluació proposada per Wegerif i col·laboradors (2016) i posteriorment la compararem amb els resultats individuals. Veurem, per tant, com l'individu ha traslladat l'aprenentatge grupal del pla intermental al pla intramental.

4. Síntesi

L'objectiu d'aquest primer Capítol del Marc teòric ha estat la discussió i l'establiment de la perspectiva de l'ensenyament-aprenentatge que plantegem en la present tesi doctoral, la perspectiva

sociocultural per a l'ensenyament-aprenentatge de les ciències. Aquesta perspectiva va ser proposada per Vygotsky (1978) i Leach i Scott (2003) n'avalen la seva aplicació en el context de l'aprenentatge de les ciències donada la naturalesa històrica i social de la ciència. Des de la ciència comprenem el nostre entorn i tot sovint des de la nostra societat i cultura valorem la ciència per resoldre conflictes socials i culturals que s'esdevenen al món global (Lemke, 2001).

Donada la naturalesa social de la ment humana, que hem explicat a partir de la hipòtesi del cervell social de Dunbar (1998), considerem que per al disseny d'una proposta didàctica pedagògicament fonamentada cal que tinguem en compte allò que s'ha constatat i proposat des de la recerca educativa sobre l'aprendre a aprendre junts. Basant-nos en el concepte de la zona de desenvolupament col·lectiu de Mercer i Littleton (2007), que reinterpreta i estén a la col·laboració entre iguals la zona de desenvolupament proper de Vygotsky (1978), els individus podran transcendir les limitacions individuals a partir del desenvolupament del raonament científic col·lectiu, mediat per artefactes culturals. Hem pogut distingir aquells elements que caldrà articular per ajudar als alumnes a organitzar-se, gestionar el grup i la tasca que han d'abordar i mediar el diàleg productiu i auto-regulat entre ells a fi i efecte de donar suport a l'establiment de l'espai dialògic (Wegerif, 2007) i potenciar una cultura de grup constructiva que possibiliti el raonament col·lectiu.

També hem introduït les possibilitats que ofereix la tecnologia com a artefacte multi-simbòlic per mediar l'aprendre a aprendre junts, però aprofundirem en aquest aspecte més endavant, *al Capítol 3*.

CAPÍTOL 2. ENSENYAMENT I APRENENTATGE DE LES CIÈNCIES BASAT EN LA INDAGACIÓ

1. Marc contextual: l'educació científica a Europa

Ens remuntem 10 anys enrere quan es va publicar, des de la Unitat de Cultura Científica i Gènere de la Comissió Europea, l'informe Rocard "Science Education now" (2007). En aquest informe es va relatar la situació de l'ensenyament de les ciències a Europa i es van formular un seguit de propostes amb l'objectiu de millorar en l'educació científica.

El punt de partida de l'informe és la identificació d'un dramàtic escenari de desinterès dels joves per la ciència, la tecnologia, l'enginyeria i les matemàtiques (STEM). Des de la darrera dècada del segle XX, en molts països europeus ha disminuït el nombre d'alumnes interessats en les ciències. L'Eurobaròmetre de "Young people and Science" (European Commission, 2008) va revelar, a partir d'un estudi fet amb una mostra de 25.000 persones entre 15 i 25 anys, que entre els europeus, tot i tenir una visió positiva de la ciència i la tecnologia, només una minoria tria estudis superiors de l'àmbit de les ciències.

Sjøberg i Schreiner (2010) constaten que manca rellevància al currículum de ciència i tecnologia i l'atribueixen a les barreres per al bon aprenentatge i també a l'interès pels continguts científics. Ametller i Ryder (2015) identifiquen que la tria d'itineraris postobligatoris de ciències per part dels alumnes està influïda per la percepció que tenen de la seva futura carrera, la qualitat del professorat, els continguts curriculars i si a les matèries de ciències s'ho passen bé.

D'altra banda, varis autors (Eder, 1981; Stark & Gray, 1999), i fins i tot els propis governs, fa temps que reconeixen que és una paradoxa que alguns alumnes, com a conseqüència d'estereotips (Greenfield, 1996) i falses creences esteses a la nostra societat, renunciïn als estudis de ciències. Socialment encara avui es considera que la ciència és de domini masculí. En conseqüència sovint els alumnes consideren que les ciències són avorrides, difícils i irrellevants per a les seves vides.

Els objectius que proposava l'informe Rocard (2007) per revertir els problemes d'interès dels joves europeus per la ciència van ser els següents:

- Revertir la pedagogia d'ensenyament de la ciència escolar: canviar l'estesa metodologia deductiva als mètodes basats en la indagació.
- Promoure la cooperació entre els actors dels àmbits educatius formal i informal, fet que es veu afavorit per la implementació de l'ensenyament de les ciències basat en la indagació.
- Millorar la formació i la motivació del professorat de ciències. Ells són els actors clau en la renovació de l'educació científica.

Avui, l'estratègia de desenvolupament fixada per la Unió Europea per al període 2014-2020 és l'"Horitzó 2020"¹. L'Horitzó 2020 aplega totes les fons per a la recerca i la innovació de la UE que fins ara integraven els anteriors programes marc de recerca i desenvolupament tecnològic, les activitats relacionades amb la innovació i la competitivitat dels programes marc per a la innovació (CIP) i l'Institut Europeu d'Innovació i Tecnologia (IET).

L'Horitzó 2020 és un Programa Marc que s'organitza en tres pilars per contribuir a abordar els principals reptes socials, promoure el lideratge industrial a Europa i reforçar l'excel·lència de la seva base científica. Per primera vegada, l'Horitzó 2020 integra totes les fases des de la generació del coneixement fins a les activitats més pròximes al mercat.

Així doncs, construir capacitats i desenvolupar maneres innovadores de connectar la ciència i la tecnologia amb la societat és una prioritat de l'Horitzó 2020: "science with and for society". Es continua plantejant destinar esforços a fer la ciència més atractiva per als joves per aconseguir crear vocacions científiques, fomentar la innovació en la societat i apropar més la recerca i la innovació a la societat. És per això que s'identifiquen uns actors que és indispensable que interaccionin: els diferents nivells del sistema educatiu, les universitats i altres centres d'ensenyaments superiors, la investigació i el finançament de la innovació i de les organitzacions que la realitzen, organitzacions de la societat civil i organitzacions no governamentals, la indústria, els responsables polítics, professors, mestres, estudiants i alumnes i els museus de ciències i centres de ciència. Els objectius que es plantegen són tres:

- Desenvolupar la ciutadania científica mitjançant la promoció de les pedagogies innovadores en l'educació científica, atraure més joves cap a la ciència, amb un èmfasi especial en les nenes, i fer front als desafiaments que afronten els joves per estudiar carreres de ciència, tecnologia, enginyeria i matemàtiques;
- Desenvolupar la investigació i la innovació responsables en els programes d'educació superior;
- Facilitar l'accés a les carreres científiques mitjançant l'augment del nivell de servei de la Xarxa de Serveis EURAXESS.

El repte principal de l'educació científica fixat per al 2016-2017 és canviar del paradigma de l'educació formal a l'aula d'escoles i instituts pel de l'educació no formal fora de l'aula (European Commission, 2016). En aquest cas es planteja que es fomenti que l'alumnat adquireixi coneixement, i que en particular l'avalui a partir d'internet, cosa que succeeix amb freqüència a la realitat.

Amb aquesta tesi, pretenem que aprendre ciència sigui formatiu, engrescador, emocionant i productiu per als nostres alumnes. La nostra proposta consisteix a apropar-nos al dia a dia dels *millennials* per generar espais de treball a l'aula que els siguin més propers i que no siguin tan diferents als seus entorns d'aprenentatge informal. Proposem un entorn virtual dissenyat específicament com a eina de mediació de l'aprenentatge. Pensem que l'enfocament dialògic afavoreix un ensenyament-aprenentatge democràtics i populars de les ciències. A més, també ens ocuparem de la manera com introduïrem els continguts i les habilitats d'indagació que pretenem que els alumnes assoleixin. És per això que suggerirem el disseny d'una proposta curricular que partirà de l'entorn més proper de l'alumnat i el situarà davant d'un repte que per a resoldre'l necessitaran aprendre continguts i habilitats d'indagació. A més, els emplaçarem a pensar quines implicacions tenen per a la seva ciutat i per a ells mateixos aquells descobriments científics que han fet.

¹ European Commission. (sd). *Horizon 2020. The EU Framework Programme for Research and Innovation*. Recuperat de <https://ec.europa>

2. La indagació com a opció metodològica per a l'educació científica a les aules del segle XXI

Reprenem l'informe Rocard (2007) del qual hem parlat a l'apartat anterior. L'objectiu d'aquest informe era dissenyar estratègies per millorar l'interès dels alumnes per les ciències. L'informe va tenir gran influència en les polítiques de finançament de la investigació educativa en ciències a nivell europeu.

En aquest informe es reporta que:

“Mentre que la comunitat educativa de l'àmbit científic està d'acord amb el fet que les pràctiques pedagògiques basades en la indagació en ciències són més efectives, la realitat de la pràctica a les aules és que en la majoria dels països europeus, l'ensenyament de les ciències no es basa en aquesta metodologia” (Rocard, 2007, pàg. 9)

I és que l'enfocament metodològic de la indagació en ciències (a partir d'ara IBSE, Inquiry Based Science Education de l'anglès) al nostre país té una vida molt més teòrica (política i acadèmica) que pràctica.

A l'informe s'afegeix que la metodologia predominant és la que s'ha utilitzat tradicionalment. Tant Rocard com diversos autors (p. ex.: Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007) consideren que la metodologia tradicional és aquella amb la que el professorat presenta conceptes discrets que focalitzen en un ampli ventall de conceptes, les implicacions lògiques i dona exemples d'aplicacions i que l'alumne ha de memoritzar. Per tant, es mostra a l'alumnat el producte de les investigacions científiques i no els processos que han portat a aquest producte. S'encomana així que els alumnes gestionin l'abstracció, fet que és difícil sobretot abans de l'etapa de secundària.

En comparació, l'aprenentatge de les ciències basat en la indagació situa als alumnes a la part central i activa de l'aprenentatge i els dona l'oportunitat de conèixer, desenvolupar i aprendre els processos i les habilitats que constitueixen el procés d'investigació que fan els científics (p. e. Couso, 2014; Wilhelm & Beishuizen, 2003).

L'informe Rocard va adoptar la proposta d'indagació dels *standards* nacionals de ciències que el National Research Council (NRC) dels Estats Units d'Amèrica va publicar l'any 1996. La majoria dels investigadors en didàctica de les ciències prenen de referència el concepte d'indagació d'aquesta proposta donat que el NRC va fomentar la metodologia d'indagació des de l'àmbit politicoadministratiu. Això va comportar la implementació a les aules americanes.

Des de llavors, en les darreres dècades la indagació ha anat guanyant terreny en l'ensenyament de les ciències. Nombrosos projectes de recerca europeus s'estan desenvolupant en el marc de la metodologia de la indagació científica, dels quals destaquem: PRIMAS² (Promoting Inquiry in Mathematics and Science Education across Europe, 2010-2013), PROFILES³ (Professional reflection Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science, 2010-2014), COMPASS⁴ (Common Problem Solving Strategies as links between mathematics and Science, 2009-2011), Pathway⁵ (The Pathway to Inquiry Based Science Teaching, 2007-2013) , Fibonacci⁶ (Disseminating

² <http://www.primas-project.eu/en/index.do>

³ <http://www.profiles-project.eu>

⁴ <http://www.compass-project.eu>

⁵ <http://pathway.ea.gr>

⁶ <http://fibonacci.uni-bayreuth.de/home.html>

inquiry-based science and mathematics education in Europe, 2010-2013), ESTABLISH⁷ (European Science and Technology in Action: Building Links with Industry, Schools and Home, 2010-2014), SAILS⁸ (Strategies for Assessment of Inquiry Learning in Science, 2012-2015) i STEAM (Science Teaching Advanced Methods, 2009-2012). Gray (2012) afirmava que aquests projectes serien el preludi de l'Horitzó 2020 i s'hi sumarien per al desenvolupament dels nous objectius.

Entre aquests destaquem el projecte PRIMAS. Hi participen dotze països i pretén promoure l'ús de metodologies relacionades amb l'IBSE, amb l'objectiu d'incidir en el descens alarmant de l'interès per les ciències i les matemàtiques dels estudiants europeus. Aquest projecte també incorpora accions per promocionar el desenvolupament professional del professorat.

Però encara al 2013, Banilower i col·laboradors (2013) exposaven que pocs alumnes tenen l'oportunitat de participar en profunditat en activitats d'IBSE on es construeixi el coneixement científic a partir de la construcció de models, explicacions i arguments basats en la evidència.

Nosaltres, des del projecte METAFORA, on s'ubica aquesta tesi, considerem que també contribuïm a l'assoliment i promoció dels objectius de l'Horitzó 2020. Sota el paraigües del projecte, els diferents equips de treball hem dissenyat diversos projectes educatius sobre biologia, ciències de la terra i del medi ambient, química, física i matemàtiques. Però el tret característic més distintiu del projecte és que a partir de la investigació basada en el disseny hem construït un entorn virtual d'aprenentatge web 2.0 atractiu per a l'alumnat que es basa en la metodologia d'aprenentatge per indagació i que dona suport a l'aprendre a aprendre junts. Més endavant en donarem els detalls.

2.1. Evidències científiques de l'efectivitat de l'IBSE

En els darrers anys, i a nivell internacional, des de la recerca educativa en ciències s'han dedicat molts esforços a demostrar els beneficis de l'aplicació de metodologies d'ensenyament-aprenentatge fonamentades en la indagació. Ergul i col·laboradors (2011), Yalcin (2014) i Ozdemir & Isik (2015) han trobat, amb els seus estudis sobre l'IBSE, que els alumnes milloren notablement les habilitats sobre el desenvolupament de processos científics. Inaltekin & Akcay (2012) han identificat que es dilueixen les diferències de gènere en l'aprenentatge. Schneider i Renner (1980) ja van identificar que els alumnes recordaven més els continguts del curs. I finalment, Turkmen (2009) i Arslan i col·laboradors (2014) van demostrar que millora l'actitud de l'alumnat cap a la ciència o les seves activitats.

Demir i Abell (2010) apunten que aquesta metodologia fomenta: la implicació dels alumnes en la ciència ja que augmenta: la seva motivació i l'aprenentatge significatiu, el desenvolupament del sentit crític, el desenvolupament de ciutadans autònoms i responsable i, en definitiva, contribueix a preparar futurs científics.

Osborne i Dillon (2008) han demostrat que amb la indagació s'aconsegueix que els alumnes aprenguin a fer-se preguntes, a observar i a raonar de manera lògica sobre els fenòmens del món a través de la realització de treballs de recerca amplis i d'experimentació enlloc de fer-ho a través de la insistència en l'adquisició dels conceptes canònics científics.

Però també hi ha hagut un fort interès des de la recerca per comparar la metodologia tradicional amb l'IBSE. Minner, Levy i Century (2010) van demostrar, a partir de la síntesi de diverses investigacions, que hi ha una tendència positiva de la indagació respecte la instrucció tradicional.

⁷ <http://www.establish-fp7.eu>

⁸ <http://www.sails-project.eu>

Gencturk & Turkmen (2007) i Celik & Cavas (2012) també van demostrar millores en l'aprenentatge a partir de l'IBSE en contrast amb la metodologia tradicional.

En una metaanàlisi recent desenvolupada per Aktamis i col·laboradors (2016) on comparen estadísticament les dades numèriques de dinou estudis, entre el 2008 i el 2014, s'avaluen els resultats d'aprenentatge acadèmic, les habilitats de treball científic i les actituds cap a la ciència dels alumnes en una comparació entre l'IBSE i la metodologia tradicional. Amb aquest procediment han demostrat que hi ha una significació estadística que demostra l'efecte positiu en favor de la metodologia de la indagació, aspecte que també es va veure en anteriors estudis (p. e. Minner, Levy & Century, 2009; Schroeder et al., 2007). Aktamis i col·laboradors (2016) demostren que si es compara l'IBSE amb la metodologia tradicional, els alumnes milloren significativament en l'aprenentatge d'habilitats implicades en el desenvolupament de processos científics i les actituds cap a la ciència.

En una altra metaanàlisi, en aquest cas a partir de trenta-set estudis internacionals sobre IBSE, Furtak, Seidel, Iverson i Briggs (2012b) demostren que hi ha un ampli efecte positiu de l'IBSE en l'aprenentatge dels alumnes. A més, una altra relació destacable que han identificat, i que nosaltres pretenem potenciar en el disseny de la nostra proposta didàctica, és que quan en les activitats d'IBSE s'afavoreix la interacció social dels alumnes i la construcció, desenvolupament i justificació d'explicacions com a part d'altres procediments científics, millora molt l'aprenentatge dels alumnes.

Des d'una perspectiva més àmplia, Alfieri, Brooks, Aldrich i Tenenbaum (2011) van realitzar una metaanàlisi on comparaven la indagació amb altres formes d'instrucció com una instrucció directa (que altres anomenen ensenyament tradicional) o el descobriment no assistit. Els seus resultats evidencien que amb la indagació els alumnes aprenen millor.

Nosaltres ens basem en les àmplies evidències positives trobades a la bibliografia nacional i internacional per aplicar l'IBSE al disseny del marc pedagògic per fonamentar la nostra proposta de formació del professorat en ciències.

3. Evolució de l'ensenyament-aprenentatge de les ciències basat en la indagació

Com hem detallat fins al moment, des de l'establiment del l'IBSE el 1996 pel NRC als EEUU, la recerca en didàctica de les ciències ha explorat i definit èxits i mancances tant de la definició com de la implementació de la metodologia.

És en aquest sentit que destaquem un punt mitjà respecte l'evolució que s'ha fet des del National Research Council dels EUA a partir del currículum de ciències de l'any 1996. L'any 2007 van publicar un informe anomenat "Taking Science to School" on es revisava la literatura de camps com la psicologia cognitiva, la neurociència i la didàctica de les ciències per redefinir què s'entén per "ser competent" en ciències. Les conclusions que van extreure d'aquesta revisió són que cal emfatitzar els processos de construir, avaluar, utilitzar explicacions científiques i participar en les pràctiques i discursos de la ciència. Per tant, l'èmfasi es desplaça de l'"aprendre a estudiar el món natural" (NRC, 1996) a "aprendre a pensar científicament" (NRC, 2007). A "Taking Science to School" (NRC, 2007) es defineix *pensar científicament* així: "per aprendre a pensar científicament s'han d'adquirir estratègies per solucionar problemes per coordinar la teoria amb l'evidència, dominar el raonament contrafàctic, distingir patrons en les evidències que permetin o no elaborar conclusions definitives, i comprendre la lògica d'un disseny experimental" (pàg. 28). Duschl i Grandy (2008) caracteritzen que la imatge de ciència que es proposava el 1996 com a exploració i experiment, s'ha canviat per construcció i revisió

d'una explicació o model. Aquesta orientació es basa en la perspectiva dialògica de l'aprenentatge ja que es prioritza la construcció d'explicacions a partir del diàleg generat en la interacció.

Una altra vegada ens remetem als estàndards dels Estats Units. Amb la publicació de "A Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards" i el "Next Generation Science Standards (NGSS)" (NRC, 2012 i 2015), avui en dia encara vigents, el NRC va proposar el concepte de *pràctiques científiques* per designar el nou marc teòric per a l'ensenyament de les ciències als EUA. Sota el concepte de pràctica científica s'apleguen canvis respecte l'IBSE que el NRC plantejava anteriorment relacionats amb potenciar la modelització i/o argumentació per explicar els fenòmens del món real. L'objectiu del NRC és que la ciència que es fa a les aules s'assembla més a la manera com els científics treballen i pensen. Comparativament, al currículum anterior la manera com pensen els científics no quedava reflectida a la proposta i ara els processos cognitius de construcció del coneixement prenen un paper destacat a la nova proposta.

Els NGSS demanen als alumnes que donin sentit als fenòmens o que dissenyin solucions a problemes focalitzant un nombre limitat d'idees clau i conceptes transversals i utilitzant pràctiques científiques i d'enginyeria durant la seva formació, de manera que així tenen l'oportunitat d'anar construint un coneixement cada vegada més profund i de revisar-lo al llarg del temps (Pellegrino & Hilton, 2012; Harris i col·laboradors, 2015).

Els NGSS proposen una visió de la ciència com un conjunt de coneixements i evidències que es generen a partir de la construcció contínua de models i teories que es refinen i es revisen. Presenta tres dimensions que es combinaran i es treballaran al mateix temps per desenvolupar cada estàndard: les pràctiques, els conceptes transversals i les idees bàsiques de cada disciplina⁹.

Els processos científics que es proposen en la dimensió de pràctiques científiques són processos que impliquen el desenvolupament del pensament i la construcció d'explicacions i, en definitiva, comunicar amb el llenguatge. Així, amb aquests estàndards, com el "Taking Science to School" de Duschl i col·laboradors (2007), s'orienta l'ensenyament de les ciències a una visió més discursivocognitiva que potencia la construcció del coneixement amb el desenvolupament d'habilitats cognitives de nivell superior.

Tot i que alguns autors consideren que les pràctiques científiques impliquen un canvi de paradigma en la comprensió i anàlisi de l'ensenyament de les ciències (p. e. Jiménez-Aleixandre, 2011) la comunitat científica continua associant a l'IBSE aquests canvis. Tant les pràctiques científiques com la indagació argumentativa de Zembla-Saul (2009) són aproximacions epistèmiques que plantegen la construcció de models i/o argumentacions. Ambdues aproximacions constitueixen models d'ensenyament-aprenentatge que promouen la interrelació, no només de processos d'investigació, sinó també de creació, generació i construcció d'un discurs, propis del desenvolupament d'activitats científiques reals.

Nosaltres pensem que cal afrontar els problemes que la indagació més empírica no soluciona per tal de fomentar la recerca de la relació entre teoria i dades i així construir explicacions científiques, emfatitzar el paper de les proves no confirmatòries i els contraarguments i posar l'èmfasi en la comprensió i no només en la realització de la part experimental de la ciència.

⁹ <http://nextgenscience.org/three-dimensions>

4. Conceptualització de l'IBSE?

L'aprenentatge de les ciències basat en la indagació o investigació, es defineix com "una aproximació a l'aprenentatge que implica processos d'exploració del món natural o material, i porta a plantejar-se preguntes, descobrir i testar amb rigor aquests descobriments per trobar noves maneres de comprendre" (National Science Foundation, 2000:2).

Avilés (2011) proposa que l'IBSE apropa el món científic i l'escolar i apunta que aquesta disciplina es basa en el constructivisme on l'alumnat reflexiona i analitza sobre les seves pròpies experiències d'aprenentatge. Per a aquest autor, la millor manera d'aprendre ciència és fent ciència.

El còmput de definicions que diferents autors fan sobre l'IBSE és molt ampli. Barrow (2006) en un esforç d'identificar els trets característics principals d'aquesta metodologia, resumeix a tres aspectes allò que els autors apleguen en el marc de la indagació en ciències:

- i. El desenvolupament de la indagació o capacitat cognitiva d'indagar o investigar científicament (*habilitats científiques d'indagació*).
- ii. La necessitat que l'alumnat compregui sobre els mètodes utilitzats pels científics per donar resposta a les seves preguntes: la naturalesa de la indagació científica.
- iii. Una varietat d'estratègies d'ensenyament-aprenentatge que el professorat ha de desenvolupar per tal que l'alumnat aprengui capacitats d'indagació i sobre la indagació científica, així com per a comprendre i aprendre conceptes científics.

La indagació o aprenentatge per descobriment té les seves arrels a la indagació de Sòcrates. El filòsof grec, enlloc d'exposar les lliçons als seus alumnes, moderava i dirigia a partir de preguntes, guiant-los en la indagació per respondre les seves pròpies preguntes, cercar respostes als problemes i relacionar el seu coneixement amb a la vida real (Plató, 360 B.C.E/1960). Més endavant, en aquesta línia els autors més influents en pedagogia i en psicologia també han emfatitzat el valor de la indagació com una aproximació metodològica i l'han aplicat àmpliament (Bruner, 1961; Dewey, 1938; Freire, 1984; Piaget, 1964; Vygotsky, 1978). La indagació va ser un mètode instruccional que es va desenvolupar durant els anys 60 com a moviment de resposta a la percepció que les metodologies d'ensenyament tradicionals fallaven.

4.1. Característiques comunes de les activitats de ciències basades en la indagació

Sota la proposta de l'ensenyament de les ciències basat en la indagació i des de l'any 1996 que el NRC la va popularitzar tal i com hem explicat abans, durant els darrers vint anys han estat moltes les interpretacions i aplicacions que han fet diferents autors d'aquesta metodologia (p. e. Furtak, Shavelson, Shmwell & Figueroa, 2012 b; Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007).

En un esforç per identificar els principis més substancials que convergeixen en les distintes propostes d'IBSE, exposem els quatre punts que suggereix Couso (2014):

- i. Girar entorn a un escenari d'ensenyament-aprenentatge d'investigació, generalment de tipus pràctic (observacions, experiments, ...), on l'alumnat es planteja preguntes i obté les seves pròpies dades. També es contempen escenaris on s'utilitzen dades disponibles.
- ii. Donar molta importància a l'actitud i la motivació dels estudiants, atorgant-los un paper actiu i de protagonisme. En general, se'ls proposa treballar en grup i se'ls dona molta més autonomia i capacitat de decisió i elecció que a l'aula tradicional, en particular quan la indagació és oberta i els estudiants escullen inclús la temàtica a treballar.
- iii. Per possibilitar l'anterior característica, emfatitzar la importància d'un paper més passiu del professor, utilitzant generalment un rol de "guia", "facilitador" o "activador" de la indagació.

- iv. Organitzar la instrucció en etapes o fases, seguint un cert cicle que emula la investigació científica real.

Per tant, l'IBSE es proposa guiar els alumnes en l'aprenentatge de les ciències a partir d'apropar-los a activitats genuïnes i processos propis del treball científic real. Es planteja com una metodologia activa on els alumnes són protagonistes i el rol del professor així ho garanteix.

5. No tot s'hi val: l'IBSE a judici

Avui es considera, com hem exposat, que la metodologia de l'IBSE té moltes i interessants possibilitats, a més d'un major efecte positiu en l'aprenentatge que la metodologia tradicional. Però de la implementació a les aules no sempre se n'han obtingut ni se n'obtenen els resultats esperats.

Hi ha un ampli consens que no tots els conceptes científics poden o han de ser ensenyats mitjançant la indagació. En aquesta línia Wiley i col·laboradors (2009) determina que tant si l'alumnat aprèn ciències treballant com els científics com si ho fan a partir de la metodologia tradicional, necessiten un cert nivell d'alfabetització científica que els permeti participar en discussions interaccionant amb altres companys.

Windschitl, Thompson i Braaten (2008) alerten que algunes propostes d'implementació d'aquest marc metodològic a les aules són pobres i simplificades. És a dir, que potencien les habilitats indagatives de baix nivell cognitiu (procediments i tècniques) i descuiden les habilitats cognitivodiscursives i els continguts epistemològics o sobre la naturalesa de la ciència i continguts conceptuals de ciència (lleis, teories i models). Des de la recerca educativa en l'ensenyament de les ciències es vol comprendre com implementar aquesta metodologia a l'aula per treure'n uns bons resultats (Anderson, 2002; Simarro et al., 2013).

Simarro i col·laboradors (2013) proposen distingir entre dos visions o maneres d'aplicar l'IBSE en els dissenys d'activitats d'aula: visió tecnicomanipulativa i visió discursivocognitiva. Ens basem en aquesta distinció per exposar a continuació les causes d'uns resultats d'aprenentatge dels alumnes no satisfactoris i que tindrem en compte en el disseny de la nostra proposta educativa. D'altra banda, identificarem aquells elements que sí que és imprescindible tenir en consideració per aconseguir els resultats d'aprenentatge desitjats.

La visió tecnicomanipulativa

D'una banda, la visió tecnicomanipulativa o *hands-on*, implica aprendre habilitats indagatives de baix nivell cognitiu com poden ser mesurar, observar o fer una representació gràfica. Des d'aquesta visió s'interpreta la indagació com un enfocament didàctic centrat a fomentar que l'alumne faci de científic. En són exemple projectes i iniciatives de gran ressò com *La main à la pâte* o *Pollen*. L'informe Rocard (2007) també es decanta per aquesta visió. Tanmateix, en aquesta visió no es fomenta que l'alumne pensi com els científics ja que se l'ajuda a connectar les seves observacions amb els principis científics i per tant la manca d'autenticitat científica és una de les principals crítiques que se li atribueix. Es conclouria amb unes explicacions superficials únicament aplicables a la situació de treball però que no són extrapolables en altres contextos. Amb tot, aquest plantejament pot desembocar, com indiquen alguns autors (per exemple: Windschitl, et al., 2008), en pràctiques indagatives incompletes en les que no es connecten les observacions amb els conceptes, principis, lleis o models científics.

Couso (2014) proposa una llista de quatre aspectes que resumeixen una aplicació simple i pobra de l'IBSE:

- i. Reduir la classe de ciències al plantejament d'indagacions que, en el millor dels casos, només serveixen per aprendre a indagar.
- ii. Avaluar la qualitat de la docència basant-se en la motivació i l'activitat dels estudiants, tot confontent estar actiu físicament amb estar motivat i actiu intel·lectualment.
- iii. Atorgar un paper secundari al professor i a les estratègies docents, que es presenta o s'entén com a facilitador i guia.
- iv. Desconnexió amb el món de les idees, la teoria i el coneixement científic, limitant els continguts a ensenyar, reduint les demandes cognitivodiscursives dels estudiants i oferint una imatge de la ciència desvirtuada.

La visió discursivocognitiva

La visió discursivocognitiva està més orientada al *minds-on* i es presenta com una visió que emfatitza els aspectes cognitius que descuida la visió tènicomanipulativa.

En primer lloc, les habilitats indagatives que es fomenten des d'aquesta visió són d'alt nivell cognitiu o ordre superior. Millar, Lubben, Gott i Dugan (2006) van proposar les següents habilitats:

- Coneixement de les pràctiques i conceptes en les que es basa la investigació empírica.
- Planificar procediments.
- Repetició de mesures (rèpliques) per minimitzar l'error.
- El control de variables per determinar relacions d'influència.
- Ús de proves.
- Interpretar patrons en les proves.
- Comunicació dels resultats.

En segon lloc, alguns autors inclouen dins dels termes *pràctiques científiques* el desenvolupament d'aquesta visió (Jiménez-Áleixandre, 2011; Kelly & Duschl, 2002).

Sota aquest terme es contempla que els alumnes compreguin com és i com es fa la ciència a partir d'involucrar-los en pràctiques científiques al més autèntiques possible. Tanmateix, hi ha diferents propostes de la naturalesa de la ciència (epistemologia). En aquest cas es prioritza la proposta que les noves visions de la naturalesa de la ciència, que superen l'empirisme de l'aplicació del mètode científic molt generalitzat (Windschitl, et al., 2008). L'activitat científica crucial és "el desenvolupament d'explicacions basades en proves sobre com funciona el món" (Giere, 1991). Aquesta proposta posa de relleu la cognició (raonament) en l'activitat científica per construir explicacions per generar significat. En aquesta línia es proposa la modelització (Model-Based Inquiry o MBI) (Campbell, Zhang & Neilson, 2011; Khan, 2007; Lehrer, Schauble & Lucas, 2008; Schwarz, 2009; Schwarz et al., 2009; Windschitl et al., 2008) i la seva relació amb una indagació creativa.

Des d'aquesta visió l'IBSE no és un contingut a ensenyar i a aprendre, sinó una manera d'aprendre i d'ensenyar. Per tant, un enfocament didàctic i metodològic centrat no només en els continguts de ciències i sobre ciències sinó també continguts conceptuals.

En les activitats MBI els models proveeixen els marcs de referència amb els quals focalitzar la mirada al fenomen i amb els quals generar hipòtesis comprovables, sigui a partir d'experiments reals o mentals, que es puguin realitzar a l'aula o fora d'aquesta. Els models també actuen com a referències en la interpretació de les dades i s'utilitzen precisament perquè les dades es puguin entendre com a prova d'alguna cosa (el model). A l'aula, els models són objecte continu d'ús i revisió explícita.

En contraposició a la indagació, els models que es construeixen no són només descriptius o empírics, sinó interpretatius i conjeturals. Els arguments on es recolzen aquests models inclouen observacions que sostenen explicacions que involucren entitats o processos no observables. Per exemple, l'explicació de la reproducció dels bacteris (fenomen micro i no observable amb la tecnologia disponible a l'aula) per comprendre la formació de colònies (fenomen macro i observable després de la incubació amb plaques de petri) dels mateixos quan les condicions del medi són favorables.

Windshilf i col·laboradors (2008) consideren que hi ha cinc accions o etapes que afavoreixen que els alumnes aprenguin amb l'aproximació metodològica del MBI:

- i. Establir els paràmetres generals (definició i comprensió del tema a estudiar).
- ii. Organitzar què sabem i què volem saber.
- iii. Generar hipòtesis.
- iv. Buscar proves (empíriques, mentals, etc.).
- v. Construir un argument.

Hernández, Couso i Pintó (2014) s'han basat en Schwarz i Gwekwerere (2007) per proposar un marc instruccional per a l'MBI. En aquest cas posen l'èmfasi en la proposició i, sobretot, revisió dels models dels alumnes en base no sols a les dades, sinó també a la perspectiva científica:

- i. Els alumnes expressen un model mental preliminar en el context d'un fenomen.
- ii. Els alumnes revisen els seus models mentals d'acord amb les noves proves, obtingudes de l'experimentació real o mental pròpia o d'altres.
- iii. Els alumnes revisen els seus models mentals d'acord amb la perspectiva científica.
- iv. Els alumnes utilitzen els seus models mentals revisats per enfrontar-se a una nova tasca o fenomen de forma problematitzada.

Per últim, ens centrem en la importància que es dona en la majoria de propostes d'IBSE al diàleg productiu sobre el procés d'indagació per mitjà del qual l'alumne elabora explicacions científiques sobre allò que ha indagat. En aquesta línia, destaquem la proposta de la *Indagació Argumentativa* (Argument-Driven Inquiry o ADI) de Zembla-Saul (2009) que es centra en la construcció per part dels alumnes d'explicacions elaborades. L'autor explica que les propostes d'ADI es caracteritzen per promoure "la participació en les investigacions científiques amb el propòsit de construir explicacions basades en proves, un paper del discurs d'aula com a mitjà per negociar significat a través de la coordinació entre afirmacions i proves, i els beneficis de fer el pensament visible a través del raonament públic". Destaquem l'èmfasi que fa l'autor que els alumnes facin públiques i per tant explicitin, negociïn i avaluïn les idees que construeixen (Bell & Linn, 2000; Linn, 2000).

Tanmateix, Simarro i col·laboradors (2009) critiquen que en algunes propostes aquestes explicacions generalment deriven directament o poden inferir-se de les dades i, per tant, són locals i no impliquen la connexió amb els principis científics. En aquesta línia, Koponen (2007) concreta aquest aspecte argumentant que quan es fa l'esforç per sistematitzar les explicacions en la construcció d'un model científic, aquest sol ser empíric, és a dir, descriu patrons o regularitats inferides de les dades.

Constatem doncs que, per ajudar a l'alumnat a construir explicacions per articular el seu discurs científic, no n'hi ha prou a generar situacions d'observació. Ogborn (2012) considera que, posat que els alumnes necessiten alguns recursos intel·lectuals per involucrar-se en una indagació amb sentit, la indagació hauria de servir per aprofundir en allò que s'està aprenent i no per produir-ho o aclarir-ho.

Coincidim en la importància que en la indagació argumentativa es dona a les explicacions. En aquesta tesi plantejarem una indagació que presenta els trets distintius de l'ADI. Dissenyarem la nostra proposta didàctica entorn a la construcció d'explicacions i a més seran les principals evidències que analitzarem. Com ja hem exposat anteriorment, nosaltres ens basem en la perspectiva sociocultural de l'aprenentatge i pensem que la manera com es construeix el coneixement és a partir de la interacció

dialogica entre individus. En aquest sentit, reprenem la consideració de Mercer (2013) sobre la importància de l'elaboració compartida de les explicacions dels alumnes. El llenguatge juga un rol crucial en el pensament individual i col·lectiu per generar explicacions i raonaments enllaçant l'intramental amb l'intermental.

En resum, per ajudar als alumnes a aprofundir en una bona indagació cal que l'objectiu de les activitats manipulatives sigui connectar-les amb les idees de la ciència per construir, a partir de la interacció social vehiculada amb el llenguatge, explicacions científicament fonamentades. En aquest sentit, ambdues propostes, MBI i ADI, promouen que les explicacions basades en proves estiguin explícitament informades pel coneixement científic existent.

6. Disseny d'activitats d'ensenyament-aprenentatge de les ciències basat en la indagació

Els diferents estudis sobre la indagació en ciències utilitzen diferents significats de la metodologia. Furtak i col·laboradors (2012b) han realitzat recentment una metaanàlisi de 37 estudis experimentals i quasi experimentals fets a diferents països amb l'objectiu d'oferir una evidència estadística sòlida per connectar l'IBSE amb la millora de l'aprenentatge de les ciències per part dels alumnes. Per fer-ho han identificat unes característiques pròpies de l'IBSE amb les quals es pot caracteritzar cadascun dels estudis.

Els autors han agrupat en quatre els significats alternatius que la bibliografia dona al terme indagació i que s'utilitzen per avaluar les potencialitats de la metodologia: a) maneres que té la ciència de construir el coneixement; b) metodologia d'aprenentatge per als alumnes; c) aproximació instruccional, i d) materials curriculars. Els autors proposen una definició d'indagació que nosaltres compartim i que servirà per orientar la nostra investigació. Formulen que indagació té dos dimensions: activitats cognitives i socials dels alumnes i la guia que el professor, companys o el currículum donen als alumnes per aprendre.

Per a la **dimensió cognitiva**, Furtak i col·laboradors (2012b) es basen en Duschl i Grandy (2008), que identifica tres categories en la indagació:

- *Conceptual*: estructures i processos cognitius implicats en el raonament científic, és a dir, fets, teories o principis de la ciència.
- *Epistèmica*: marc metodològic utilitzat per construir o avaluar el coneixement científic i
- *Social*: interaccions col·laboratives que es donen en les discussions i que impliquen la construcció compartida d'arguments científics, la comunicació i la representació per construir el coneixement científic.
- *Procedimental*: fer preguntes orientades científicament, dissenyar experiments, executar procediments i crear representacions de dades. Nosaltres més endavant ho anomenarem habilitats de treball científic i prestarem un especial interès al nivell de demanda cognitiva que impliquen aquestes habilitats.

En el cas de la **dimensió de la guia** que es dona a la indagació, Furtak i col·laboradors (2012b) l'associen als aspectes procedimentals que es deixen oberts als alumnes perquè ells els defineixin amb autonomia o els que els proveeix el docent o el currículum, és a dir, el grau de llibertat que té l'alumne a la tria i desenvolupament de la indagació. D'aquesta manera estableixen un continu de major a menor guiatge per part del professor que és invers a l'autonomia de l'alumne: instrucció tradicional, indagació guiada per part del professor i indagació per descobriment.

A continuació, i relacionat amb els elements que cal tenir en compte per dissenyar activitats d'IBSE, contextualitzarem el guiatge del docent en els diferents nivells d'indagació que impliquen enfocaments procedimentals diferents, és a dir, de la dimensió cognitiva.

Diversos investigadors han suggerit que hi ha quatre nivells per incorporar l'IBSE a les activitats d'aula (p. ex.: Banchi & Bell, 2008). Aquests nivells suposen una estratificació de la complexitat en tant que demanda cognitiva de les activitats d'IBSE. A més, s'associa a aquesta complexitat el guiatge del professor inversament proporcional a l'autonomia de l'alumne.

A la Taula 1 es caracteritzen cadascun d'aquests nivells: indagació de confirmació, indagació estructurada, indagació guiada i indagació oberta. Els nivells esdevenen els diferents graus de llibertat o autonomia que el docent dona a l'alumnat segons si diferents elements propis de la indagació en ciències es donen predefinits o bé els alumnes els han d'indagar. Els elements que defineixen els diferents nivells han estat establerts des del NRC i són: la pregunta o repte, el mètode de resolució i els resultats.

	NIVELL 1 Indagació de confirmació	NIVELL 2 Indagació estructurada	NIVELL 3 Indagació guiada	NIVELL 4 Indagació oberta	
PRINCIPALS CARACTERÍSTIQUES	Objectiu de la indagació	Confirmar un principi	Demostrar i generar explicacions basades en les dades que han recollit	Dissenyar un experiment per resoldre una pregunta. Generar explicacions basades amb les dades que han recollit.	Resoldre preguntes de recerca que es plantegen els propis alumnes
	Pregunta	Proveïda	Proveïda	Proveïda	La defineixen els alumnes
	Mètode de resolució	Proveït	Proveït	El dissenyen els alumnes	El dissenyen els alumnes
	Resultats	Coneguts prèviament	Desconeguts prèviament	Desconeguts prèviament	Desconeguts prèviament
	Objectiu docent	- Reforçar conceptes científics introduïts prèviament. - Introduir als alumnes com es desenvolupa una investigació. - Fomentar el desenvolupament d'habilitats específiques com la recollida de dades	- Fomentar les habilitats de recollida de dades i processament i interpretació de resultats	- Fomenta les habilitats de recollida de dades, disseny d'experiments i processament i interpretació de dades a partir del raonament científic basat en els paradigmes de la ciència	- Fomenta que els alumnes actuïn com els científics i duguin a terme la investigació completa. - Desenvolupar el raonament científic basat amb els paradigmes de la ciència
		+ -----	Guiatge del professor -----		-
	- -----	Autonomia de l'alumnat -----		+	
	- -----	Demanda cognitiva (complexitat) -----		+	

Taula 1. Taula comparativa dels nivells d'indagació en l'educació científica. Adaptat de NRC, (2000, p.29)

Es comenta a continuació breument cadascun dels quatre nivells que comparem basant-nos en la narració que en fan Eick, Meadows & Balkcom (2005).

NIVELL 1: La indagació de confirmació

És una bona manera d'iniciar-se en la implementació de la indagació a l'aula, tant per l'alumnat com pel professorat. És fàcil d'incorporar a altres metodologies d'ensenyament més tradicionals. Els dos principis essencials que caracteritzen aquest primer nivell són plantejar als alumnes preguntes científiques i donar prioritat a l'evidència per respondre les preguntes. Es presenta com una aproximació a l'ús de dades del món real amb l'objectiu de resoldre preguntes autèntiques per desmarcar-se dels plantejaments teòrics que ofereix el llibre de text.

▪ *Exemple d'aplicació*

Per exemple, el docent pot endur-se als alumnes al riu més proper i preguntar-los si el cabal és per la manca de pluja o bé és qüestió de fluctuacions estacionals. Llavors el docent pot facilitar dades de cabal de varis anys i èpoques de l'any als alumnes i demanar als alumnes que en facin una representació gràfica per veure si hi ha patrons que els poden ajudar a respondre la seva pregunta. El docent guia als alumnes en la construcció de connexions entre la mitjana estacional de pluja i patrons inusuals de la pluviometria de la conca del riu durant aquell any.

NIVELL 2: La indagació estructurada

La indagació guiada es basa en el procés científic clau de la demostració i la formulació d'explicacions per part dels alumnes. Es tracta de generar situacions experimentals (experiments) entorn a un fenomen científic que es pretengui que els alumnes aprenguin. No es tracta d'explicar d'entrada la demostració sinó presentar-la a partir d'una pregunta que es plantegi als alumnes. Aquesta pregunta guia l'observació durant l'experimentació i es contempla també que siguin els mateixos alumnes els que recopilin les dades, però el disseny de l'experiment el proporciona el professor. A continuació, els alumnes han d'interpretar els resultats i construir les seves pròpies explicacions que després compartiran amb els companys. Aquest pas és clau per desenvolupar les habilitats de pensament i com les idees científiques són generades a partir de l'evidència. Finalment el professor ajuda a connectar el fenomen observable amb els principis científics. Aquest darrer punt és clau perquè la demostració no es quedi amb un treball sense valor per a l'aprenentatge dels alumnes. Aquest plantejament es basa en el cicle de predir-observar-explicar o POE de Ebenezer i Haggerty (1999).

▪ *Exemple d'aplicació*

Si ens basem en l'exemple que hem exposat al Nivell 1, el docent els faria la mateixa pregunta i demanaria als alumnes formular hipòtesis. En aquest cas serien els alumnes que haurien estat registrant experimentalment, sota les instruccions del professor, la pluviometria al llarg de l'any i que consultarien a l'ajuntament les dades de cabal o que, fins i tot, el podrien calcular també experimentalment al riu. El docent els demanaria que les representessin gràficament i haurien de fer la interpretació dels resultats. També rebrien el suport del professor per interpretar els resultats. Aquest podria guiar la interpretació a partir de preguntes.

NIVELL 3: La indagació guiada

Els alumnes profunditzen en les quatre principals característiques de la indagació per avaluar les explicacions i connectar-les amb el coneixement científic. Es comença per una activitat experimental perquè els alumnes completin el cicle POE, però després s'encomana als alumnes que examinin i revisin amb autonomia la literatura científica. Així connecten allò que han observat i demostrat amb l'explicació de fenòmens i l'aplicació de principis de la ciència. Aquest procés també és el que fan els científics quan desenvolupen la seva recerca. A partir d'això els alumnes, que generalment s'organitzen en grups, formulen hipòtesis. A continuació planifiquen com testar-les, recopilen les dades i les analitzen. Es contempla que siguin els mateixos alumnes que ho desenvolupin o que sigui el professor que els ofereixi les hipòtesis, materials i procediments a seguir. Després de testar les hipòtesis, els alumnes fan un informe del que han après i responen si les dades accepten o refuten les seves hipòtesis. Aquest informe es pot preparar per presentar-lo a la resta de la classe. En aquest nivell, es desenvolupen habilitats de pensament de nivell superior.

▪ *Exemple d'aplicació*

En aquest cas el professor podria mostrar als alumnes llevat químic en pols i llevat biològic sec i dir-los: "els dos són llevats però els dos són éssers vius?". Es demanaria als alumnes que fessin les seves hipòtesis i el professor els organitzaria en grups de treball. Tot seguit es demanaria als alumnes que facin una cerca d'informació per esbrinar què haurien de complir en cas d'estar vius per així poder dissenyar un seguit d'experiments per distingir si els llevats són vius o no. Es tracta que identifiquin que tots els éssers vius estan formats per cèl·lules i quines són les tres funcions bàsiques dels éssers vius: nutrició, relació i reproducció. A partir d'això han de definir quatre experiments, tres per comprovar si els llevats compleixen cadascuna de les funcions i un per esbrinar si estan formats per cèl·lules o no. Per exemple, en el cas de l'experiment per demostrar que els llevats es nodreixen, poden posar en dos matrassos, un per a cada llevat, aigua, sucre i tancar la boca del matràs amb un globus i augmentar la temperatura a 37°C. Es demanarà que els alumnes formulin hipòtesis per a cadascun dels experiments i que els realitzin per contrastar-les. Els alumnes registraran els resultats i faran dibuixos i fotografies de què observen. Finalment, es demanarà que interpretin els resultats i que per grups exposin les seves explicacions que es compartiran amb tot el grup classe i es discutirà cadascuna de les aportacions. Finalment, es farà una conclusió conjunta.

NIVELL 4: La indagació oberta

En la indagació oberta (Nivell 4) els alumnes amb autonomia decideixen el seu tema d'investigació, formulen preguntes partint dels seus interessos, revisen la literatura científica relacionada, desenvolupen mètodes per cercar les respostes, generen dades per analitzar-les i, finalment, presenten els seus resultats. Els elements essencials que incorpora aquest quart nivell d'indagació són la construcció d'explicacions elaborades i justificades i la comunicació d'aquestes. Aquesta proposta té una bona aplicació i bon ajustament amb l'aprenentatge basat en projectes i es suggereix que s'organitzin els alumnes en grups de treball col·laboratiu. Es requereix que els alumnes tinguin una certa experiència en la indagació en ciències. És important que el professor doni suport i ofereixi ajudes als alumnes al llarg de tot el procés per promoure l'acompliment dels processos d'indagació. Quan els alumnes fan les seves presentacions a la resta de la classe cal que la resta siguin crítics, ja que això fa incrementar la qualitat i el valor de les presentacions.

▪ *Exemple d'aplicació*

La proposta didàctica que presentarem a la Part 3 d'aquesta tesi i amb què basem la nostra recerca és una proposta d'indagació oberta que presenta algunes característiques de la indagació guiada. Els definim un repte en forma de pregunta que ells han d'abordar però l'autonomia, la demanda

cognitiva i sobretot l'organització del grup i la manera que es planteja la dinàmica de treball a l'aula amb les ajudes a l'aprenentatge que oferim tant des del rol del professor com des de l'entorn tecnològic s'ajusten més al caràcter d'una investigació oberta. A més, el format que hem donat a la proposta didàctica és de projecte i els alumnes treballaran en grups col·laboratius. La proposta didàctica la definirem àmpliament a la propera Part. A continuació, parlarem del treball per projectes.

6.1. L'aprenentatge de les ciències basat en la indagació i l'aprenentatge per projectes

Explicuem en aquest apartat l'aprenentatge basat en projectes perquè és una estratègia metodològica que s'ajusta bé a les característiques de la indagació guiada i oberta i en permet el desplegament. Schneider, Krajcik, Marx & Soloway (2002) consideren que en l'àmbit de les ciències, el PBL promou la construcció conjunta dels continguts científics, mentre exploren el context d'aprenentatge. I Harris amb els seus col·legues (2015) constaten que l'aprenentatge per projectes ofereix múltiples oportunitats perquè els alumnes construeixin explicacions i el desenvolupament i ús de models en ciència i el proposen per al desenvolupament de les *pràctiques científiques* dels "Next Generation Science Standards" (NGSS Lead States, 2013).

La proposta didàctica que plantejarem a la PART 3- Disseny de la Recerca l'organitzarem entorn al treball per projectes i en un punt intermedi entre els nivells d'indagació guiada i oberta. El projecte que proposarem s'anomena "Bec o no?" i planteja a l'alumnat un repte científic significatiu i de final obert. Que la pregunta, en aquest cas plantejada com a repte, es doni als alumnes és una de les característiques de la indagació oberta. Ara bé, el nivell de construcció de les explicacions científiques que s'encomana i el fet que la resolució del repte sigui oberta, es correspon a les característiques d'una indagació oberta.

L'aprenentatge per projectes (PBL, Project-Based Learning en anglès) és un mètode instruccional basat en el constructivisme social (Vygotsky, 1978), l'aprenentatge situat (Boaler, 1999), l'aprenentatge per indagació i especialment el mètode del projecte (Kilpatrick, 1918). Amb el PBL els alumnes s'involucren en un extens procés d'indagació. Els docents planifiquen, organitzen i donen suport als alumnes tot guiant-los perquè aquests aprenguin continguts acadèmics clau i creïn productes i presentacions autèntics i de qualitat. Amb aquesta metodologia es promou l'aprenentatge d'habilitats per al segle XXI: col·laboració, comunicació, resolució de problemes i pensament crític.

El PBL va ser desenvolupat pel Buck Institute for Education al final dels anys 90 com a conseqüència de la reforma escolar dels EUA (BIE, 2012). Avui en dia els projectes es poden aplicar de manera extensiva com a organitzadors del currículum, però també es poden localitzar en un curt període de temps. Els projectes varien segons el tipus de preguntes que es proposen, l'estructura d'activitats que inclouen i el rol del professor. També poden ser interdisciplinaris o bé realitzar-se dins del marc d'una única matèria. I es poden realitzar en grup o individualment, tot i que en aquest darrer cas no és tant freqüent. Des del BIE (2012) proposen que l'aprenentatge basat en projectes pot ser efectiu a tots els nivells educatius, en l'educació formal i la no formal.

L'organització que es proposa des del PBL s'ajusta a la indagació guiada i la indagació oberta en ciències ja que al PBL es proposen a l'alumnat activitats complexes basades en reptes, preguntes o problemes que els involucren per trobar-hi solucions, prendre decisions, desenvolupar habilitats d'indagació i reflexió. En definitiva, és una organització de la seqüència didàctica que permet el desenvolupament del pensament científic per part dels alumnes. Tanmateix, per ajustar el PBL a l'aprenentatge de les ciències, caldrà que es doni sentit al desenvolupament d'habilitats pròpies del

treball científic, així com incorporar les etapes amb què s'organitza la indagació. Més endavant concretarem aquestes habilitats i les etapes quan introduïm els cicles d'indagació.

Una de les potencialitats de la metodologia PBL és que els alumnes prenen les seves pròpies decisions sobre com i què fer per assolir els objectius del projecte. Però perquè això succeeixi, el docent ha de generar i facilitar un entorn on els alumnes tinguin la llibertat d'aprendre al seu ritme i amb autonomia, dialogar amb els companys, fer preguntes i tenir autonomia per cercar respostes a partir de múltiples recursos. El rol del professor al PBL, així com a la indagació oberta i guiada, s'estableix com a facilitador i activador de l'aprenentatge i no com a director. Així, els alumnes de manera autònoma desenvolupen una investigació a partir de la pregunta que vertebra el projecte. Aquesta pregunta permetrà als alumnes desenvolupar habilitats d'indagació i aprendre conceptes tal com ho fan els experts (Ward & Lee, 2002). Amb aquest mètode es promouen i es desenvolupen nous hàbits d'aprenentatge i habilitats de pensament de grup i creatiu tot promovent que els alumnes descobreixin que hi ha moltes maneres de resoldre els problemes.

Al BIE (2012) defensen que l'aprenentatge basat en un projecte rigorós, significatiu i efectiu presenta les següents característiques que representem a la Figura 2:

- i. Té per objectiu desenvolupar contingut significatiu.
- ii. Requereix habilitats de pensament crític, resolució de problemes, col·laboració i diverses formes de comunicació.
- iii. Requereix indagar com a part d'un procés d'aprenentatge i de creació de novetats.
- iv. S'organitza al voltant d'una pregunta de final obert.
- v. Genera la necessitat a l'alumnat de conèixer i desenvolupar continguts i habilitats clau.
- vi. Dona certa llibertat a l'alumnat per triar la manera com resoldre el repte.
- vii. Inclou processos de revisió i reflexió.
- viii. Involucren una audiència pública.

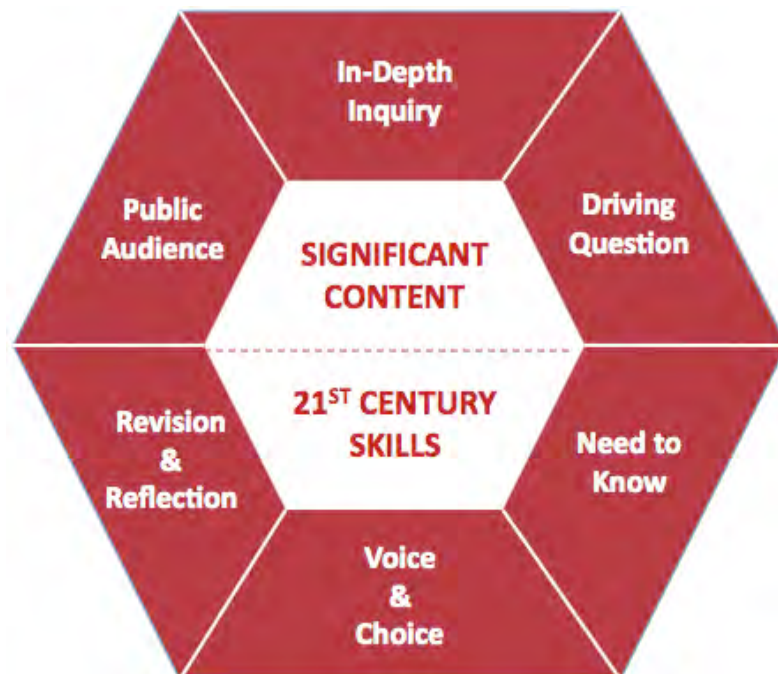


Figura 2. Elements principals del PBL (BIE, 2012)

En una revisió per identificar els instruments de mesura de la qualitat del disseny de PBL d'indagació en ciències que s'han utilitzat en la recerca educativa en IBSE-PBL, Thys i Verschaffel (2015) recullen els principals elements que s'inclouen al disseny d'aquests projectes a la bibliografia:

- 1- Es dona un repte als alumnes que els ha d'implicar en la resolució d'un problema del complex món real (per exemple: Liljeström et al., 2013) i vinculat amb el seu dia a dia (Rogers, Cross, Gresalfi, Trauth-Nare & Buck, 2011)
- 2- La solució del problema ha d'implicar la recerca de solucions i desenvolupament de productes (Doppelt, 2009)
- 3- Es dona certa autonomia a l'alumnat durant certs períodes de temps (Holubova, 2008)
- 4- Els alumnes han de treballar de manera col·laborativa per coconstruir i generar significat (Atman, Kilgore & McKenna, 2008; Kaldi, Filippatou & Govaris, 2011; Liljeström et al., 2013)
- 5- El professor i els alumnes generen de manera compartida un procés circular d'aprenentatge i descobriment (Laevers, 2011) on els alumnes tenen l'autonomia de codeterminar el camí que segueixen per desenvolupar-lo. El professor actua de tutor, guia i company en el procés d'aprenentatge.
- 6- Amb el PBL es pretén que s'aprofundeixi en el tema i la comprensió d'aquest (Rivet & Krajcik, 2008)

Amb aquest apartat, s'han justificat les característiques metodològiques i de disseny dels projectes d'aprenentatge i d'aquesta manera conceptualitzem el projecte "Bec o no?" que s'ha dissenyat per a la nostra investigació i que s'exposarà a la PART 3- Disseny de la Recerca.

7. Rol del docent en l'ensenyament de les ciències basat en la indagació i les necessitats formatives d'aquest

La investigació basada en el disseny en didàctica de les ciències, en molts casos s'ha fet sense dissociar l'ensenyament de l'aprenentatge (Brown et al., 2006; Minner et al., 2010; Tseng, Tuan & Chin, 2013). Així s'ha estudiat com el comportament del professor interactua amb l'aprenentatge dels alumnes.

Alguns autors consideren que l'IBSE descuida l'efecte del professor sobre l'aprenentatge dels alumnes i que les activitats que es proposen les desenvolupen els alumnes amb una autonomia que no beneficia el seu aprenentatge (per exemple: Kirschner et al., 2006; Klahr & Nigam, 2004; Mayer, 2004). Crítics com Kirschner i col·laboradors (2006) sovint caracteritzen els professors que treballen amb l'enfocament de la indagació per mantenir-se al marge mentre els alumnes s'autogüen en activitats *hands-on* de dubtosa vàlua. Hmelo-Silver i col·laboradors (2007) consideren que Kirschner, Sweller i Clark (2006) associen inapropiadament l'aprenentatge per descobriment a aproximacions estructurades de la indagació que realment inclouen guiatge per part del professor. També Holliday (2004) alerta que es pot caure en una interpretació errònia del rol del professor en activitats d'indagació que comporti que els docents abandonin, fins i tot, el guiatge de l'aprenentatge de l'alumnat, sobretot en relació als aspectes discursivocognitius. Seria un error que el professor es limiti a "facilitar" l'entorn material on ocorre la indagació (recursos i eines) i una mínima guia pedagògica (gestió de l'aula i de l'activitat).

Furtak i col·laboradors (2012) afirmen que els qui critiquen l'ensenyament basat en la indagació sovint argumenten que el fet que el professor ofereixi una guia mínima no facilita estructura

suficient per ajudar als alumnes a aprendre els conceptes i procediments de la ciència. En aquest article, els autors han fet una metaanàlisi a partir de deu estudis que tracten el rol del professor a l'IBSE i troben que la indagació guiada pel professor incrementa l'aprenentatge dels alumnes en contrast amb la metodologia tradicional o activitat d'indagació sense estructura o on es dona una autonomia completa a l'alumnat.

En aquesta línia, Leach i Scott (2003) ja van proposar que és possible que les millores en l'aprenentatge dels alumnes també vinguin donades per la concepció de l'ensenyament i l'aprenentatge del professorat. Defensen que una concepció centrada en afavorir interaccions a l'aula esdevé més fructífera que una seqüència d'activitats d'ensenyament *per se*.

El paper del professor a l'IBSE difereix de l'ensenyança tradicional comparativament en el fet que el professor deixa de presentar-se com a "font d'informació" i "actor principal" per passar a ser un facilitador de l'activitat en la que els alumnes són protagonistes (Couso, 2014). D'aquesta manera s'evoluciona d'un enfocament centrat en el professor i el discurs que construeix aquest per facilitar l'emergència de les idees dels alumnes i la manera com aquests les expressen i com les articulen al seu discurs.

Autors com Garriga, Pigrau i Sanmartí (2012) de reconeguda trajectòria professional en la didàctica de les ciències a Catalunya, alerten que, sobretot a les aules d'infantil i primària, es descuida el guiatge dels aspectes discursivocognitius. El treball per projectes avui en dia està en auge, no només a infantil i primària sinó que també està guanyant terreny a secundària i en alguns Graus Universitaris. A més, el currículum d'educació també ho fomenta. Aquests projectes es solen plantejar amb un enfocament indagatiu. En la majoria dels casos són els mateixos alumnes els que escullen els temes d'aquests projectes d'indagació. Generalment aquesta tria està fortament mediatitzada, per exemple "els dinosaures". Temes com aquest sovint costen relacionar amb idees científiques clau i per tant no permeten que els alumnes construeixin un coneixement científic que els serveixin per actuar amb responsabilitat al món. Sovint els temes no permeten la interacció dels alumnes amb l'objecte d'estudi, cosa que no permet l'observació i recollida d'evidències. En aquestes activitats els alumnes acumulen informació sense reflexionar sobre les seves idees ni revisar-les. No es treballa l'habilitat d'aprendre a aprendre. Per evitar el desenvolupament d'activitats d'aquest tipus, cal que el professorat tingui un paper actiu a la regulació i gestió tant de l'elecció del tema com de les converses que es produeixen entre els alumnes i les explicacions que construeixen.

Alguns autors proposen la idea de "professor-activador" per emmarcar el rol del professor com a "agent de canvi" per a les activitats d'indagació (Hattie, 2009). Les estratègies que proposen que ha de desenvolupar un professor-activador són:

- avaluació formativa
- ensenyar habilitats metacognitives
- ensenyar amb mapes mentals
- ensenyar habilitats cognitivolingüístiques: sintetitzar, generar preguntes, articular un discurs, criticar, argumentar, etc.

En aquesta línia Ogborn (2012, pàg. 8) afirma que "el paper de l'activitat pràctica és provocar el pensament i el repte més important per al professor és motivar i desenvolupar un diàleg i pensament productius".

Per poder guiar, doncs, les activitats d'IBSE, caldrà que el docent no només domini els continguts conceptuals científics, com en el cas de la metodologia tradicional, sinó també els coneixements didàctics o pràctiques epistèmiques de la ciència escolar. Per tant, caldrà que domini estratègies discursives a l'aula, fonamentades en una visió dialògica de l'aprenentatge, per donar

suport al desenvolupament del diàleg i el pensament productiu per aprendre ciència escolar (Scott, Mortimer & Aguiar, 2006).

Des del "Taking science to school" del National Research Council (2007) es reforça aquesta idea posat que consideren que el docent també ha de saber indagar, argumentar i modelitzar perquè ha de guiar la participació dels seus alumnes en aquestes pràctiques epistèmiques. Connectem amb això els estudis de Crawford (2000) on van estar estudiant les creences i pràctiques d'una professora de biologia que implementa i desenvolupa instruccions basades en l'IBSE a l'aula amb èxit. L'autor va identificar que la professora durant la intervenció a l'aula va desenvolupar deu rols diferents. Aquests rols són: motivadora, diagnòstica, guia, innovadora, experimentadora, investigadora, modelitzadora, mentora, col·laboradora i aprenent. Va concloure que tant els rols dels professors com dels alumnes en les activitats d'IBSE són complexes i canviants. I és evident que el professor ha de conèixer habilitats pròpies del treball d'indagació en ciències per fomentar l'aprenentatge dels alumnes. Podríem considerar, a partir d'aquestes investigacions, que el professor participa activament de la coconstrucció del coneixement científic amb els seus alumnes i aprèn alhora que ells també ho fan.

La formació de docents capaços de ser activadors de l'aprenentatge en activitats d'IBSE, que esdevé l'eix principal d'aquesta tesi i amb què pretenem contribuir a la comunitat científica, comporta unes enormes demandes de coneixement i habilitats als futurs docents. Couso (2014) opina que aconseguir que una massa crítica de docents adquireixin aquests coneixements i competències no es pot fer sense una enorme inversió en estructures formatives i d'acompanyament per a la formació continuada. Afegeix que també cal canviar el pes i el format de la formació inicial del professorat. Per últim, proposa també no relegar el paper del docent al d'executor d'una metodologia (indagació) i dissociar-lo del coneixement i bagatge científic, atribuït únicament als experts en ciència o divulgadors.

Per tal que els professors de ciències puguin implementar la indagació a l'aula, Tseng i col·laboradors (2013) opinen que han de canviar les seves creences sobre la naturalesa de la ciència i canviar la seva manera d'ensenyar. Caldrà que canviïn el seu rol docent i tornin a aprendre la naturalesa del coneixement científic.

També cal que el professor que implementa la indagació conegui continguts científics rellevants i també pedagògics. Crawford (2000) considera que el professor cal que tingui un alt nivell de coneixements pedagògics per preparar, compartir experiències i recursos i dinamitzar activitats d'indagació en ciències. A més, també cal que s'implementi la indagació a l'aula amb regularitat, cosa que implica dissenyar planificacions, guiar activitats d'indagació, formular preguntes, oferir feedback als alumnes, induir discussions generatives entre els alumnes i vetllar pel compliment de les normes d'aula (Brown et al., 2006; Kim et al., 2007)

Tseng i col·laboradors (2013) proposen un seguit d'habilitats o estratègies que són útils als professors per a ensenyar a partir de la metodologia de la indagació en ciències. Proposen que per planificar les sessions és important que hi hagi uns objectius educatius clars i que tinguin en compte els conceptes clau a treballar. Durant la pràctica a l'aula, suggereixen que es fomenti que els alumnes desenvolupin habilitats d'indagació. I per últim, que es fomenti i es doni suport al desenvolupament d'habilitats i processos d'indagació per part dels alumnes (disseny d'experiments, anàlisi de dades, representació de dades), l'actitud d'aprenentatge durant la indagació (el compromís dels alumnes durant l'activitat i la discussió entre companys) i, en darrer lloc, que es fomenti que els alumnes s'autoavaluin, coavaluin als companys i el treball que han realitzat.

En el mateix estudi també aporten un seguit de recomanacions per als professors que s'inicien en aquesta metodologia. Les recomanacions generals que plantegen són que s'observi com instructors o professors experts desenvolupen activitats d'indagació, que el mateix professor experimenti la metodologia per ell mateix, que construeixi la seva pròpia creença sobre la indagació i

l'ensenyament de la indagació i faci una recerca bibliogràfica per informar-se. Seguint aquestes recomanacions, un principiant pot comprendre i ser capaç de desenvolupar activitats d'indagació científica a l'aula.

El principal propòsit d'aquesta tesi és contribuir a la formació dels docents de ciències. L'estratègia que es proposa és que els futurs docents s'impliquin en un projecte de ciències des del rol de l'alumne i després reflexionin sobre el seu aprenentatge i les característiques de la metodologia didàctica per desenvolupar les competències per poder educar amb efectivitat en la indagació científica.

8. Ajudes pedagògiques per a l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació

L'objectiu d'aquest apartat és definir els elements que configuren allò que alguns autors anomenen l'entorn d'aprenentatge (per exemple: Liljeström et al., 2013) i que fa referència no només als materials sinó a les estratègies docents per mediar l'aprenentatge dels alumnes. En relació a l'apartat anterior, en aquest apartat aprofundirem en les ajudes que pot oferir el docent des del rol de facilitador-activador de l'aprenentatge.

Chinn i Malhotra (2002) afirmen que, des de la perspectiva sociocultural, en una situació d'IBSE s'hauria d'oferir als alumnes un entorn d'aprenentatge, recursos i experiències que els permetin generar de manera efectiva preguntes de recerca, dissenyar una investigació, replantejar preguntes de recerca, observar, explicar els resultats, desenvolupar teories i estudiar la recerca que fan altres. En aquests entorns d'aprenentatge els alumnes no només han de poder fer ciència sinó també pensar sobre aquesta (Meyer & Crawford, 2011).

Al projecte Metafora dissenyem una plataforma virtual que esdevé l'espai de treball i constitueix part de l'espai dialògic per donar suport a l'aprenentatge dels alumnes. Els elements que configuraran l'entorn d'aprenentatge i que es dissenyen com ajudes a l'aprenentatge, s'incorporaran i es desenvoluparan amb l'ajuda de la plataforma Metafora.

Entre aquests elements, en destaca el cicle d'ensenyament per guiar l'IBSE. Presentarem diferents propostes de cicles d'IBSE que tenen en comú que suggereixen unes grans etapes que ajuden a guiar l'aprenentatge dels alumnes.

A continuació conceptualitzarem les etapes del cicle de la indagació que agrupen l'articulació dels processos i habilitats d'indagació que caldran per desempaquetar l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació.

8.1. Els cicles d'indagació en ciències

Existeixen tantes versions d'IBSE que resulta difícil caracteritzar-les. Per aquest aspecte, Keys i Bryan (2001) consideren que cap d'aquestes propostes ha de ser presa al peu de lletra com a "únic model curricular". La diversitat de propostes no només és inevitable sinó desitjable.

L'objectiu de l'IBSE és que els alumnes aprenguin ciències a partir d'un autèntic procés de descobriment científic. Des d'una perspectiva pedagògica, el complex procés científic es divideix en unitats més petites lògicament connectades que guien als alumnes i els fan parar atenció als elements clau del pensament científic. Aquestes unitats individuals s'anomenen fases de la indagació i les connexions entre elles s'estableixen als **cicles d'indagació** (Pedaste et al., 2015).

Així, els diferents tipus d'indagació que proposen els autors tenen en comú l'establiment d'unes etapes que segons la seva visió de l'epistemologia de la ciència i de l'aprenentatge considera que són clau en el procés de construcció del coneixement a partir de la indagació. En aquest apartat caracteritzarem algunes de les propostes d'IBSE que hem seleccionat i hem analitzat en el marc del projecte Metafora, on s'emmarca aquesta recerca.

Pedaste i col·laboradors (2015) van publicar un article anomenat "Fases de l'aprenentatge per indagació: definicions i el cicle d'indagació". En aquest article revisaven un total de trenta-dos articles on es proposaven diferents cicles d'indagació. De la seva revisió van identificar un seguit de característiques que destaquem aquí posat que ens ajudaran a abordar l'anàlisi i comprensió dels cicles:

- Els diferents autors utilitzen variades terminologies per referir-se a fases que són essencialment el mateix. Caldrà en cada cas definir quin significat es dona a cada fase
- Segons el Marc teòric que van establir Klahr i Dunbar (1988) podem classificar els cicles d'indagació segons la dicotomia entre el raonament científic inductiu o deductiu amb què s'emmarca el cicle. Tanmateix ambdós poden coexistir en un mateix cicle i en ocasions es potencia un tipus de raonament en detriment de l'altre
- Les fases que es proposen als cicles d'indagació poden fer referència de manera independent a processos transformatius i processos reguladors de l'aprenentatge. Però la majoria dels models instruccionals fins al moment de l'estudi de Pedaste i col·laboradors (2015) només focalitzaven processos transformatius de l'aprenentatge.

Els cicles seleccionats opten per una visió discursivocognitiva de la indagació i, en base a aquesta visió, els diferents autors proposen i organitzen unes grans etapes que pretenen que guïin l'aprenentatge.

Acabarem aquest apartat construint un quadre comparatiu de síntesi de les diferents propostes i dissenyant la nostra pròpia proposta de cicle d'indagació. Aquesta serà una de les contribucions importants d'aquesta tesi a la comunitat científica.

8.1.1. El cicle de les 5E's

Comencem per un dels patrons de referència més utilitzat per organitzar la instrucció indagativa. És el "Cicle d'aprenentatge de les 5E's" que es presenta com la modificació del cicle d'aprenentatge i ha estat utilitzat en l'IBSE (Bybee et al., 2006; Trowbridge & Bybee, 1996; Bybee, 1997)

Bybee va desenvolupar aquest cicle als anys 80 des del Biological Sciences Curriculum Study (BSCS). Va partir de les propostes de Herbart, Dewey, Heiss i col·laboradors, Atkin i Karplus, els quals van influir en la configuració del seu model. Mostrem a la Figura 3 els models amb què es va basar per construir aquest cicle.

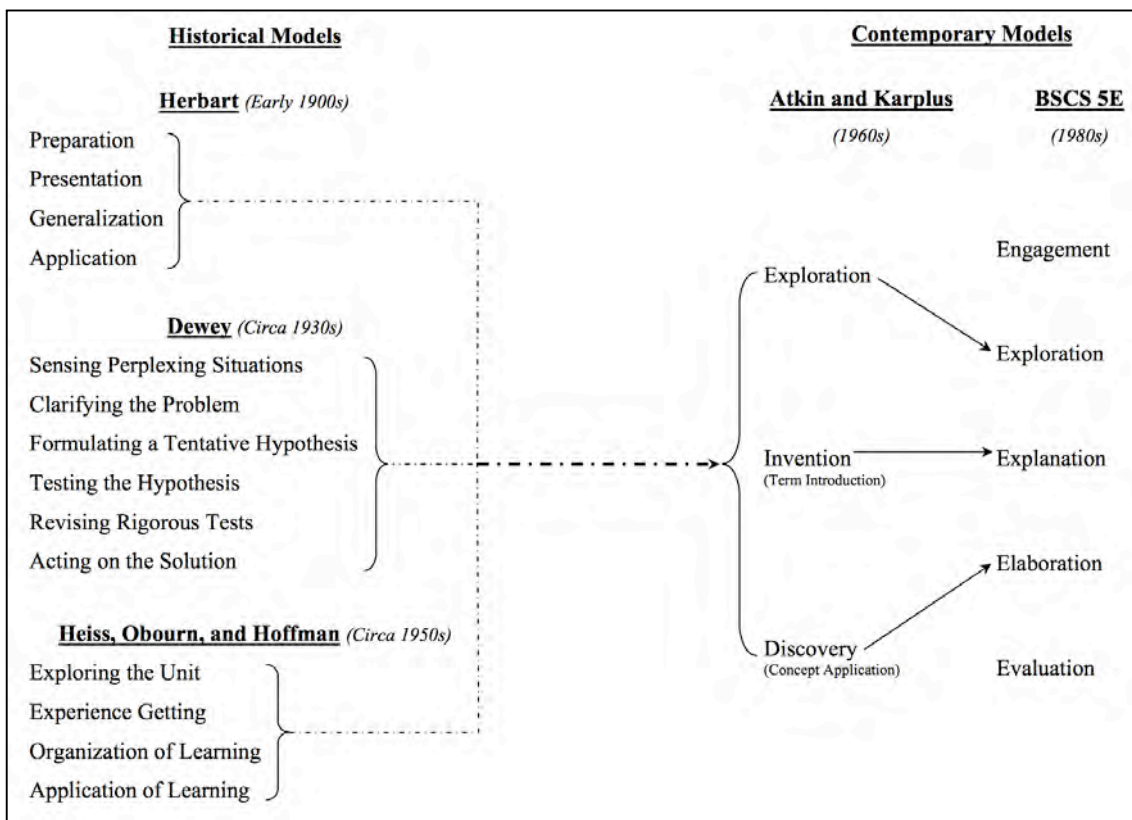


Figura 3. Origen i desenvolupament del model instruccional de les 5E's (Bybee et al., 2006)

Les dues primeres fases que proposa Bybee (2006), engagar i explorar, suggereixen que des d'aquest cicle es planteja una aproximació inductiva basada en l'empirisme i la interpretació de dades. Si ho comparem, per exemple, amb el cicle que presenten White i Frederiksen (1998), aquests autors proposen un cicle deductiu amb les fases pregunta, predir, experimentar, model i aplicar. En aquest segon cas, els alumnes han de formular una teoria o hipòtesi i comprovar-la. Tanmateix, en els propers cicles veurem que la inducció i la deducció poden coexistir en un mateix cicle.

Les cinc etapes que proposa Bybee són adaptades a l'ensenyament-aprenentatge de les ciències per indagació als estàndards de ciència pel NRC (1996). Ens basem en l'explicació de cadascuna de les fases que fan Goldston, Dantzer, Day & Webb (2013):

- i. **Engagement (Engegar):** el docent genera interès i curiositat en l'alumnat sobre el tema. Es centra en un fenomen concret. Així s'activa l'aprenentatge, es contrasten els coneixements previs dels alumnes i aquests comparteixen experiències prèvies amb el fenomen. (Hem traduït engagar amb el sentit de motivar i involucrar als alumnes).
- ii. **Exploration (Exploració-Investigació):** en aquesta fase s'involucra els alumnes en la indagació. Els alumnes formulen preguntes, emeten hipòtesis per testar i treballen sense instruccions directes del professor. Recullen evidències i dades, registren i organitzen la informació, comparteixen observacions i treballen en grups col·laboratius. Aquesta fase també comprèn la reflexió on els alumnes discutiran què s'ha descobert i après de l'exploració.
- iii. **Explanation (Explicació):** el docent facilita tècniques de processament de dades per als grups de treball. Es discuteix la informació i el docent sovint aporta conceptes científics associats a l'exploració. D'aquesta manera aporta un llenguatge científic específic que ajuda als alumnes a

pensar i descriure les seves investigacions i experiències. S'aprofita per revisar i corregir els errors conceptuals.

- iv. *Elaboration (Extensió-Elaboració)*: es reforcen els conceptes apresos estenent-los a l'aplicació de les evidències en noves situacions. Es facilita la construcció de generalitzacions vàlides i els alumnes poden fins i tot modificar les seves comprensions sostingudes en el temps dels fenòmens estudiats.
- v. *Evaluation (Avaluació)*: el professor proposa preguntes d'alt nivell de pensament que ajuden als alumnes a jutjar, analitzar i avaluar el seu treball. És aquest també un moment per revisar la comprensió dels alumnes dels conceptes i les habilitats.

L'aplicació que fan els diferents autors en el disseny de les seves propostes d'IBSE passa per l'adaptació d'aquest cicle. Per exemple, al projecte PATHWAY s'afegeix una etapa de reflexió sobre el que s'ha treballat i aprés durant el cicle. És comú i destacable l'èmfasi que es dona a no seguir aquests passos de forma lineal.

8.1.2. Procés individual d'indagació

Com ja hem expressat fins al moment, en aquesta tesi ens centrem en l'aprenentatge col·laboratiu. Tanmateix, en aquest moment considerem oportú incloure les fases que Anastopoulou, Sharples i Ainsworth (2012) proposen per establir un model flexible per al procés d'indagació individual. Destaquem d'aquest model precisament el caràcter flexible que presenta: les fases que proposen es poden ordenar de diferents maneres segons el treball que fa l'alumne i es poden repetir també. Més endavant compararem aquesta proposta amb altres aportacions que es fonamenten en el treball col·laboratiu.

Anastopoulou i col·laboradors dissenyen aquest cicle d'indagació com a resposta a la demanda del Ministeri d'Educació del Regne Unit l'any 2009 per identificar el potencial real de cada nen i oferir-li els mitjans per assolir-lo. El model que presenten consideren els autors que es pot utilitzar tant com a mapa visual per als alumnes com d'estructura per guiar el procés d'investigació.

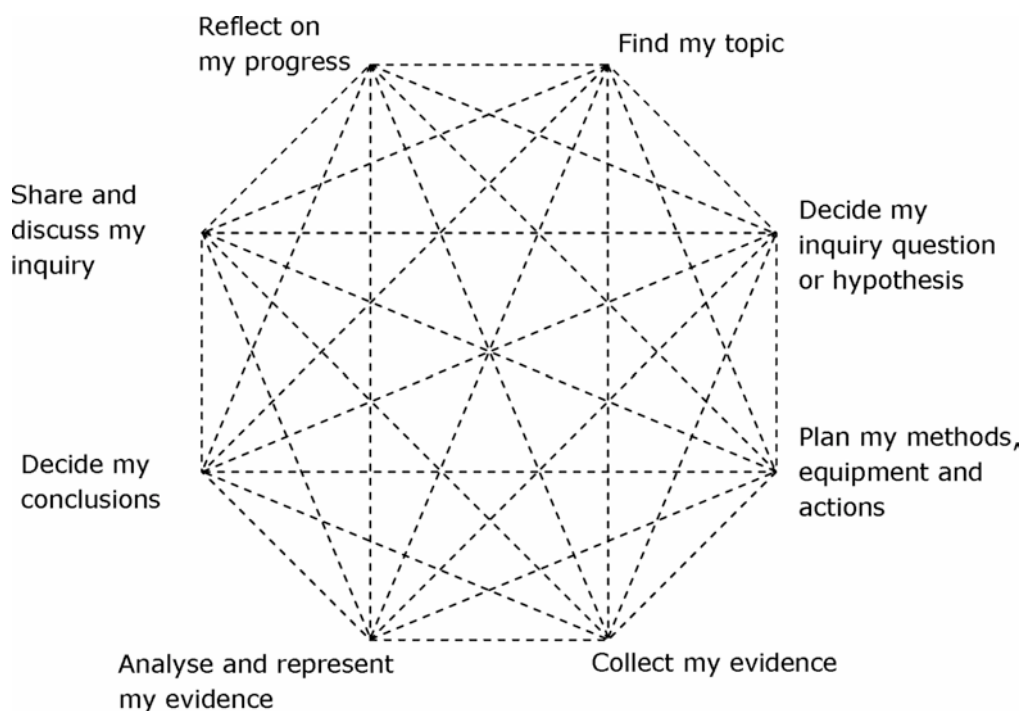


Figura 4. Model d'indagació individual (Anastopoulou et al., 2012)

La Figura 4 representa visualment la flexibilitat del model que proposen els autors. Les fases que incorporen són les següents:

- **Cercar el meu tema:** l'alumne rep o planteja el tema a indagar. Per exemple, els autors proposen: alimentació saludable.
- **Decidir la meva pregunta d'indagació o hipòtesi:** la pot decidir l'alumne o que li sigui donada. Per exemple: menjo els nutrients suficients per tenir salut?
- **Planificar la meva metodologia, materials i procediments:** l'alumne pren decisions de les estratègies que ha de prendre per resoldre la pregunta anterior.
- **Recollida de dades:** sed d'evidències que li serveixin per respondre la pregunta.
- **Analitzar i representar les meves dades:** representacions visuals de diversos tipus com ara gràfics o esquemes.
- **La meva conclusió:** l'alumne dona la resposta a la pregunta basant-se en les evidències.
- **Compartir i discutir la meva investigació:** cada alumne exposa per a la resta de companys de classe el que ha après.
- **Reflexionar sobre el meu procés:** es tracta de revisar el treball desenvolupat.

Tot i presentar-se com a proposta d'indagació individual, la penúltima etapa que es proposa és la de compartir allò construït individualment. És en aquest punt que els autors incorporen la naturalesa social de la ciència, de la que hem parlat al principi d'aquesta Part 2.

8.1.3. El cicle d'indagació genèric

Shimoda, White i Frederiksen (2002) presenten un cicle que proposen que s'expliciti als alumnes i sigui presentat com una seqüència d'objectius a acomplir. Les fases que el configuren són les següents:

- i. **Preguntar:** els alumnes comencen formulant una pregunta de recerca.
- ii. **Fer hipòtesis:** generen prediccions i aporten alternatives, construint hipòtesis relacionades amb la seva pregunta.
- iii. **Investigar:** a continuació dissenyen i duen a terme investigacions experimentals l'objectiu de les quals és determinar quines de les seves hipòtesis són correctes, si és que n'hi ha alguna.
- iv. **Analitzar:** després que els alumnes hagin completat les investigacions, analitzen les seves dades per intentar trobar patrons.
- v. **Construir un model:** després intenten definir el model de coneixements científics sobre el tema en base al treball que han realitzat fins al moment. Esdevé una tasca d'estructuració.
- vi. **Avaluar:** una vegada els alumnes han desenvolupat les seves lleis i els models causals, llavors proven d'aplicar-los a diferents situacions del món real per investigar la seva utilitat i les seves limitacions. També examinen els límits de les seves investigacions.

Però els autors proposen que aquest cicle es vagi repetint. Una vegada els alumnes hagin determinat les limitacions dels seus models conceptuals i investigacions, sorgeixen noves preguntes que els enrolen a tornar a començar el cicle d'indagació. Per destacar aquesta proposta dels autors, hem considerat representar les fases visualment sobre un espiral a la Figura 5.

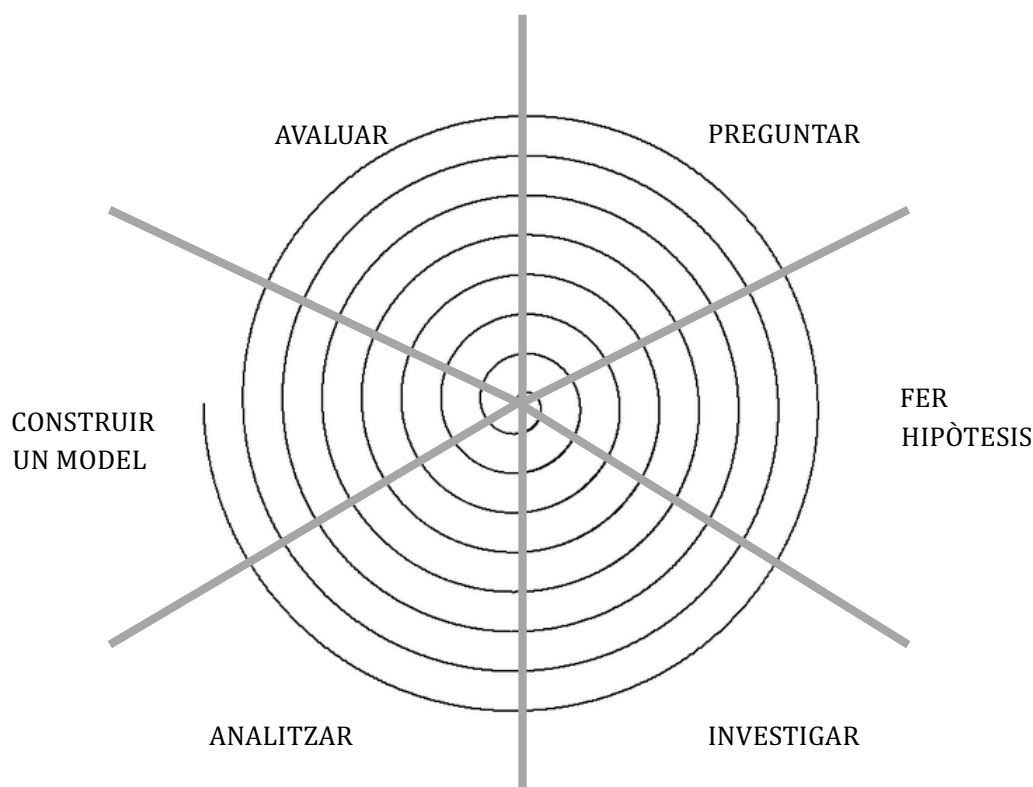


Figura 5. Representació de la proposta del cicle d'indagació genèric (Shimoda et al., 2002)

8.1.4. Cicle d'indagació per a l'aprenentatge basat en casos, problemes i projectes

La següent proposta que contemplem és la de Schwartz i col·laboradors (1999).

Presenten un cercle on inclouen processos per guiar tres enfocaments diferents: aprendre a partir de casos, a partir de problemes i per projectes (a partir d'ara IBCPP).

Els autors han investigat sobre la flexibilitat dels models instruccionals en col·laboració amb professors, membres de la comunitat, dissenyadors de currículums i fins i tot els propis estudiants. Amb el *software* STAR LEGACY (*Software Technology for Action and Reflection*) han plantejat un espai de treball per alumnes, professors i investigadors on poden treballar a partir de casos, problemes i projectes d'indagació i deixar l'herència del que han fet. Les herències que es deixen poden ajudar als següents usuaris a indagar. Aquestes donen suport al disseny instruccional ja que els professors, alumnes i altres poden adaptar continguts concrets a les seves necessitats i interessos. En primera pantalla el *software* presenta la imatge que hem inclòs a la Figura 6. Cadascun dels elements és interactiu i clicant-hi s'obren noves pantalles on desenvolupar els processos que es defineixen amb l'etapa del cicle sobre la que s'està.

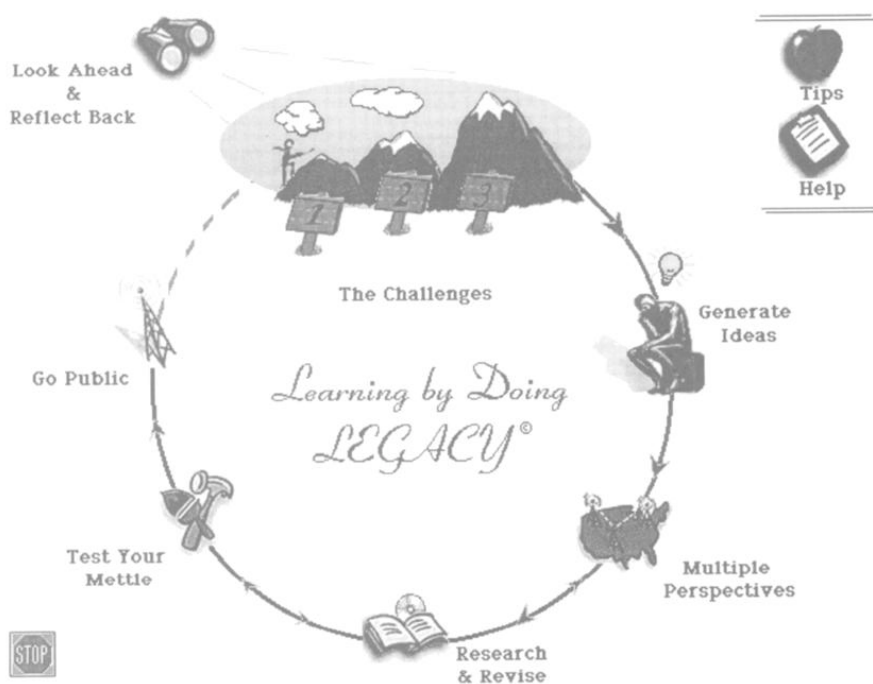


Figura 6. Pantalla principal del *software* STAR LEGACY i proposta de cicle d'aprenentatge (Schwartz et al. 1999)

Un dels principals objectius del *software* és mostrar als professors i alumnes on es troben del cicle.

- Les etapes que inclouen, tot i que insistim en el propòsit de flexibilitat dels autors, són:
- **Mirar endavant i reflexionar sobre el que s'ha fet abans:** en aquesta pantalla es dona suport a la comprensió i l'aprenentatge del context i els objectius d'aprenentatge

- **El repte:** simbolitzat amb una muntanya, aquesta pantalla porta a la presentació del repte. Aquest permet als alumnes desenvolupar un model mental compartit d'allò que es pretén aprendre.
- **Generació d'idees:** es desplega una llibreta electrònica on emmagatzemar les idees inicials dels alumnes que revisaran i comprovaran. Es proposa amb l'objectiu de compartir els diferents punts de vista.
- **Perspectives múltiples:** s'instrueix als alumnes amb l'aportació de diferents visions sobre el repte. L'objectiu és introduir vocabulari específic i perspectives que caracteritzen aproximacions per part dels experts que poden ser força diferents de les dels alumnes.
- **Investigar i revisar:** es proposen diferents activitats als alumnes, que han de completar. Inclouen col·laborar, consultar recursos, entrevistes, consultar treballs realitzats per part d'altres alumnes, etc.
- **Posa't a prova:** els alumnes posen a prova la seva solució al repte abans de fer-lo públic.
- **Fer-ho públic:** es tracta de presentar la solució al repte i posar-lo a disposició de futurs alumnes que treballin amb el mateix repte.

Destaquem d'aquest cicle la naturalesa oberta i compartida de les herències que deixen els alumnes una vegada han acabat els seus projectes. Pensem que enriqueixen la indagació dels diferents grups de treball i afegix una configuració de la col·laboració sustentada per l'estructura del "metagrup".

8.1.5. Cicle d'indagació constructivista

La proposta de Llewelyn (2002) focalitza un enfocament constructivista que orienta la indagació en aquest sentit. Per l'autor, els principis del constructivisme actuen com a fonaments per a la comprensió de la indagació.

Llewelyn proposa les següents etapes, que es representen visualment a la Figura 7:

- i. **Introducció del tema:** presentació del tema a indagar.
- ii. **Avaluar els coneixements previs:** des del constructivisme es parteix dels coneixements previs dels alumnes i amb aquesta etapa es pretén fer-los evidents.
- iii. **Exploració:** serveix per introduir el context del tema. Pot tractar-se d'una recerca d'informació per ajudar als alumnes a acotar el marc conceptual del tema.
- iv. **Formulació i revisió de preguntes:** en aquesta fase es fan emergir i es registren preguntes investigables que els alumnes formulen al voltant del tema. Es classifiquen i finalment se'n tria una per a ser investigada.
- v. **Pluja d'idees de solucions:** aquesta pluja d'idees es relaciona amb l'emissió d'hipòtesis.
- vi. **Dissenyar i dur a terme un pla:** els alumnes planifiquen l'abordatge de la pregunta dissenyant una estratègia per a trobar-hi la solució. Pot incloure l'experimentació.
- vii. **Recollir dades:** els alumnes registren les evidències que obtenen a partir del desenvolupament del seu pla.
- viii. **Organitzar les dades i trobar-hi relacions:** els alumnes representen les dades i les interpreten.
- ix. **Escriure conclusions:** a partir de la interpretació de les evidències resolen la pregunta que han estat investigant.
- x. **Comunicar els resultats:** estructuren, organitzen i comparteixen els resultats.
- xi. **Comparar els nous coneixements amb els previs:** reflexionen sobre el procés de construcció del coneixement que han acomplert i prenen consciència de l'evolució.

- xii. **Aplicar allò après a noves situacions:** apliquen a altres contextes els principis científics que han construït.
- xiii. **Proposar una nova pregunta per investigar:** en aquest moment es reconnecta el cicle com veiem a la
- xiv. Figura 7 amb l'establiment d'una nova pregunta a investigar. Així, es reinicia el cicle d'indagació.

Cadascuna de les etapes d'aquest cicle guien l'alumnat per cercar i construir significats del món real i per reflexionar sobre les seves experiències. Amb aquest model els alumnes creen els seus propis models mentals així com també donen sentit a les seves experiències.

En definitiva, poden desenvolupar estratègies de recerca i altres habilitats que seran útils al llarg de la seva vida.

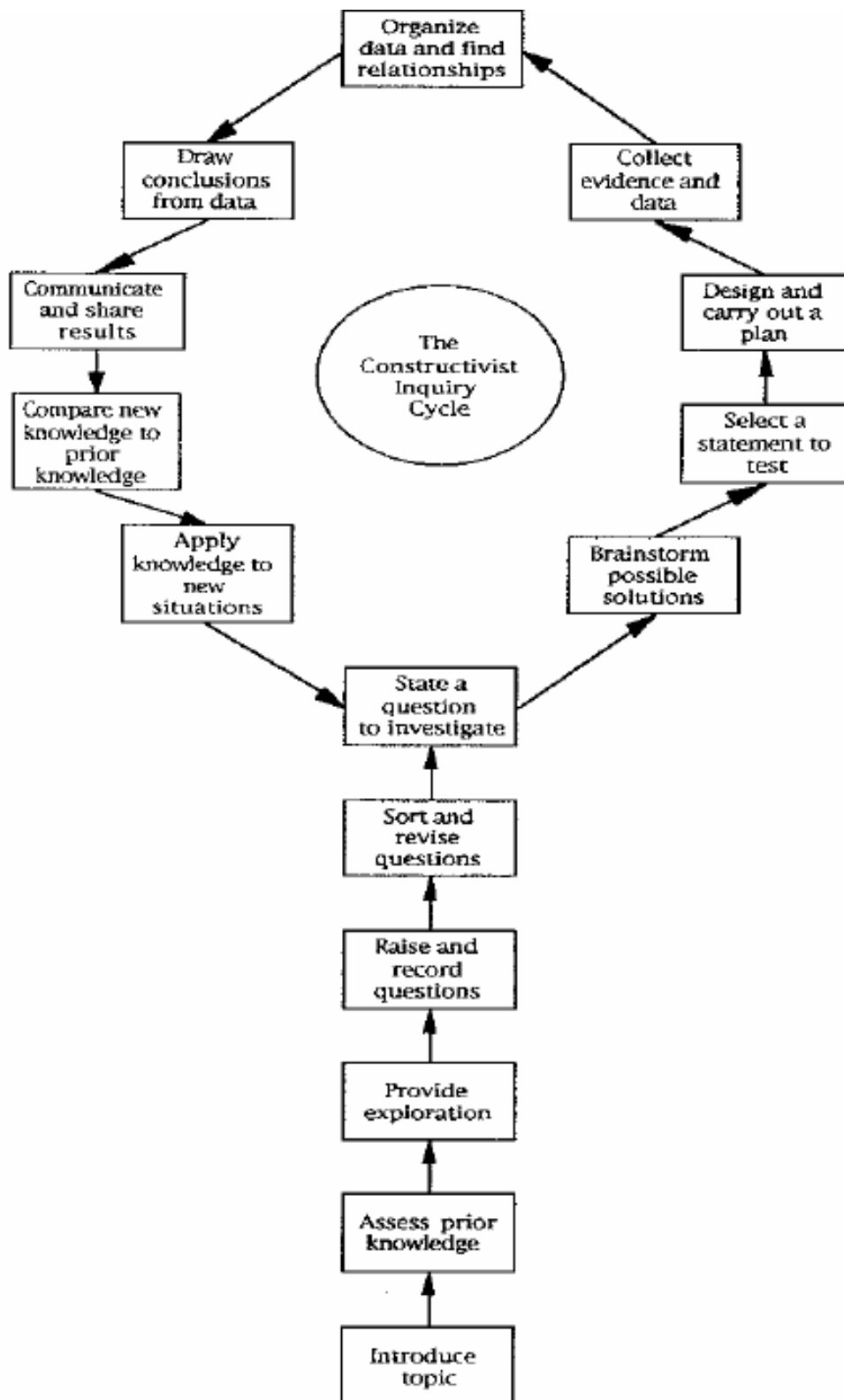


Figura 7. Cicle d'indagació constructivista (Llewelyn, 2002)

8.1.6. Cicle d'indagació progressiva

Hakkarainen (2010) proposa un cicle des de la perspectiva de la indagació progressiva. Sota aquest model pretén expressar que el nou coneixement no és simplement assimilar, sinó que es construeix a través d'esforços iteratius en la resolució de problemes de comprensió, aplicant i estenent el coneixement comunal prevalent i arribant més enllà de l'horitzó de l'epistemologia.

Les principals característiques que planteja la indagació per guiar als alumnes progressiva són:

- generar sistemàticament les seves pròpies preguntes de recerca
- construir les seves pròpies teories intuïtivament
- avaluar críticament les concepcions alternatives
- cercar nova informació científica
- fomentar que generin de manera progressiva preguntes subordinades
- impulsar que generin noves teories a mesura que avança el procés

Bereiter i Scardamalia (1987) afirmen que des de la indagació progressiva es fomenta que els alumnes es responsabilitzin dels aspectes cognitius (per exemple preguntar, explicar) i metacognitius (p. e. establir objectius, monitoritzar i avaluar) de la indagació.

Anomenem a continuació les etapes del cicle d'indagació que proposa Hakkarainen. Les explicarem basant-nos amb el relat que en fa Lakkala (2010). Els podem veure representats a la Figura 8.

- **Lideratge compartit:** aquest és el principi del model, totes les fases d'aquest model d'indagació s'aborden de manera compartida entre els participants. També es comparteix tot el coneixement que es genera. Des d'aquest model, l'autor considera que la construcció i millora de les idees i explicacions es fa a partir de la diversitat de l'expertesa i les interaccions amb varis recursos informacionals i d'experts.
- **Creació d'un context:** el docent organitza activitats que orientin els alumnes a generar un context conjuntament. Aquest context ancora les preguntes que després es proposaran amb els principis conceptuals centrals del domini o problemes del món real complex. Amb això es pretén dirigir als alumnes per començar a reflexionar sobre les preguntes que són interessants d'investigar. És essencial que el tema sigui suficientment multifacètic per ser abordat des de diferents perspectives.
- **Proposar una pregunta d'indagació:** aquesta pregunta dirigeix tot el procés d'indagació i la creació de coneixement. Les preguntes que resulten més interessants són aquelles que formulen els propis alumnes, basant-se en allò que els motiva aprendre o que els interessa. Les preguntes són una guia durant tot el procés i dirigeixen la cerca d'informació.
- **Generació de teories:** els alumnes escriuen les seves pròpies explicacions per respondre la pregunta a partir d'allò que ja saben (coneixements previs). Aquestes explicacions es comparteixen amb els companys. Aquesta etapa serveix per evidenciar les concepcions prèvies dels alumnes i es crea una cultura on el coneixement és considerat com quelcom que pot ser qüestionat, creat i elaborat conjuntament.
- **Avaluació crítica:** es fomenta que es contrastin els punts forts i febles de les diferents teories i explicacions que es produeixen amb l'objectiu de regular els esforços conjunts dels alumnes. En definitiva, serveix per avaluar el procés en si mateix.
- **Aprofundiment en la recerca del coneixement:** a partir de les mancances detectades durant l'avaluació crítica i amb l'objectiu de donar resposta a la pregunta d'indagació, els alumnes cerquen informació en diferents fonts per donar-hi resposta.

- **Generació de preguntes subordinades:** la indagació progressa a partir de la transformació de les preguntes inicials, poc concretes i inespecífiques, a preguntes més específiques basades en l'avaluació del coneixement que es produeix. La resolució d'aquestes preguntes aproxima els alumnes a la resolució de la pregunta inicial.
- **Construcció de noves teories i publicació:** les noves preguntes que els alumnes es formulen, així com el coneixement d'experts que exploren, motiva als alumnes a formular noves teories i explicacions. En aquest procés s'inclou la publicació dels resultats de la indagació, tant a la meitat del procés com al final d'aquest. Malgrat que la indagació és una experiència central d'aprenentatge en si mateixa, demanar als alumnes la construcció d'un producte final (com un reportatge o un pòster) esdevé un objectiu compartit que fa que aquests s'impliquin en el treball de manera més sistemàtica i orientada a l'assoliment d'objectius de treball.

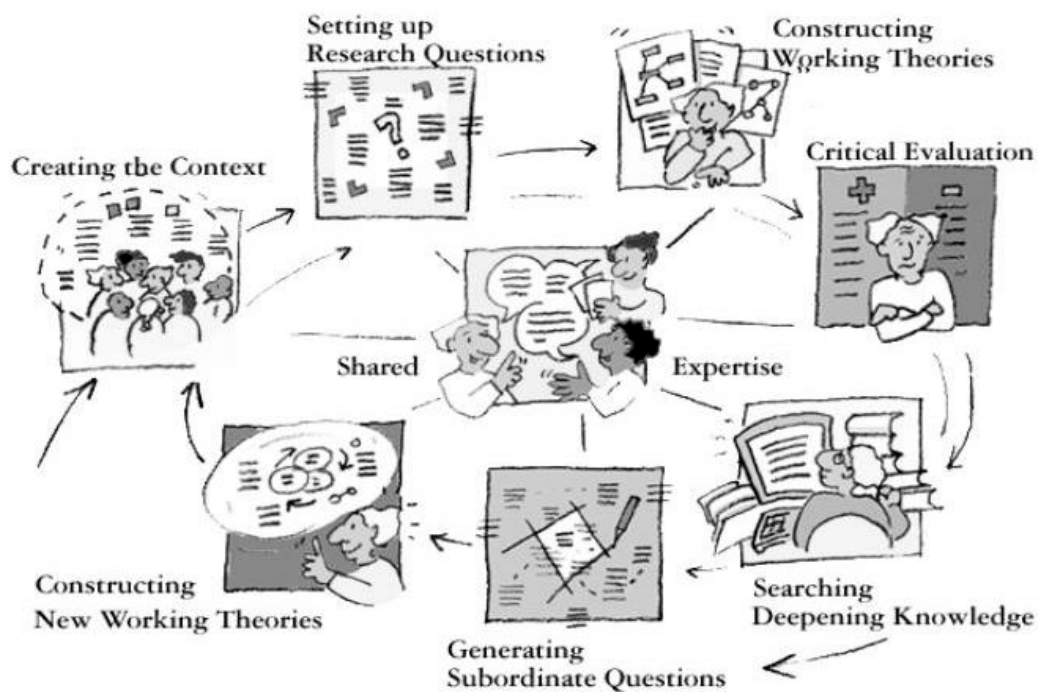


Figura 8. Elements que configuren el procés d'indagació progressiva (Hakkarannien, 2010)

En definitiva, en aquest cicle, les preguntes genuïnes dels alumnes i els coneixements previs sobre fenòmens són el punt de partida d'un procés profund. Els alumnes donen explicacions a un fenomen concret, comparteixen la seva expertesa i construeixen nous coneixements col·laborativament amb el suport de la tecnologia i els recursos del coneixement.

Des del nostre punt de vista, el punt feble d'aquest model d'indagació és que no es contempla el desenvolupament d'habilitats d'indagació com són el disseny d'experiments per obtenir evidències i després interpretar-les. Altres cicles que hem comentat sí que incorporaven aquests aspectes. Tanmateix, incloem aquest model ja que organitza el treball col·laboratiu i la interacció des d'un punt de vista dialògic.

8.1.7. Cicle d'indagació contemporani

Pedaste i col·laboradors (2015) proposen un cicle d'indagació que configuren a partir de la revisió de la literatura sobre cicles d'indagació en ciències. En aquest cicle incorporen les convergències sobre fortaleses que identifiquen en trenta-dos cicles d'indagació compresos entre els anys 1972 i 2012. Consideren que es pot esperar que el seu cicle cobreixi moltes aproximacions metodològiques de la indagació, com ara la inductiva i la deductiva, que poden ser compatibles amb la comprensió del professorat sobre l'IBSE. Per tant consideren que la seva aportació pot ajudar als professionals de l'educació a estructurar la seva tasca docent i promoure'n l'èxit.

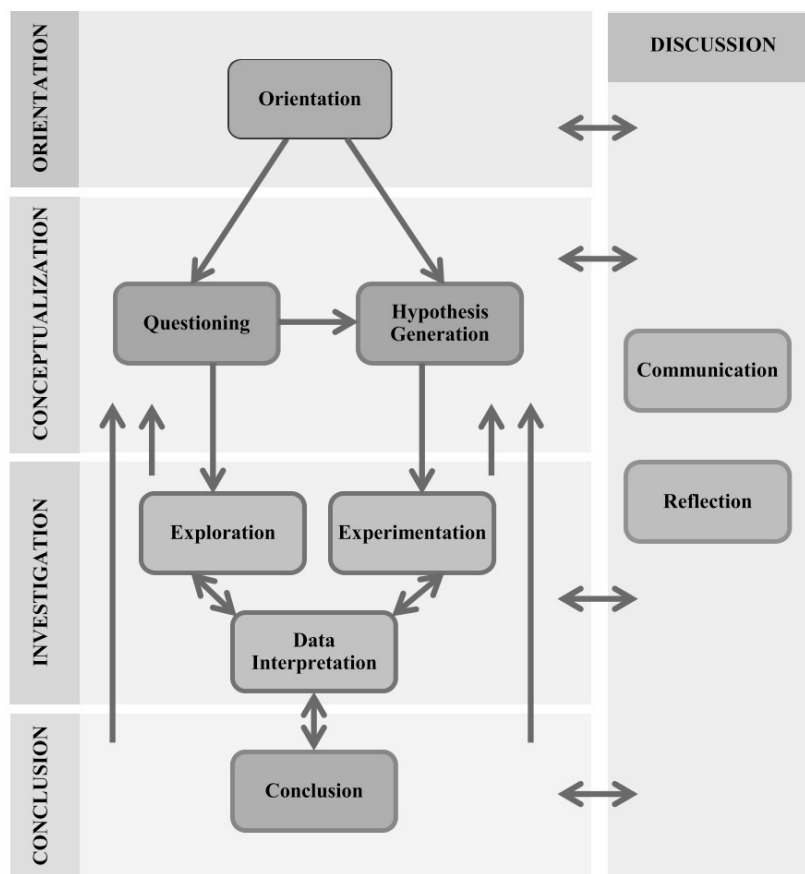
En la seva revisió identifiquen 109 termes diferents per anomenar les fases de la indagació. Tanmateix constaten, a partir de les definicions que fan els autors de les fases, que presenten un gran solapament pel que fa als significats dels termes. Després d'un minuciós procés d'identificació i classificació de les fases, acaben definint cinc fases en la seva proposta de cicle que es divideixen en nou subfases. Representem a la Taula 2 les fases i subfases que Pedaste i col·laboradors (2015) configuren a partir de la seva revisió.

Els autors proposen que no hi ha una única ruta per completar la indagació i és per això que amb les fletxes representen els diferents itineraris que es poden desenvolupar. Els itineraris que plantegen són tres:

- a) Orientació-Fer preguntes-Exploració-Interpretació de dades-(es pot retornar a Fer preguntes)-Conclusió
- b) Orientació-Formulació d'hipòtesis-Experimentació-Interpretació de dades-(es pot tornar a Formulació d'hipòtesis)-Conclusió
- c) Orientació-Fer preguntes-Formulació d'hipòtesis- Experimentació-Interpretació de dades-(es pot tornar a Fer preguntes o Formulació d'hipòtesis)-Conclusió

Triar un itinerari o un altre dependrà primerament de les decisions que es prenguin durant la fase de Conceptualització.

Però, a més, consideren que no només aquestes tres rutes són possibles, sinó que es pot començar per Conceptualització i desenvolupar cicles curts entre Conceptualització i Investigació. En el cas de la investigació basada en el disseny, després de recollir algunes dades en una fase primerenca d'investigació, l'alumne (o l'investigador) pot retornar a la Conceptualització per testar el model o la teoria que té en ment.



Taula 2. Representació de les fases i subfases del cicle d'indagació que proposen Pedaste et al. (2015, p.56)

A continuació fem una descripció de cadascuna de les fases que proposen Pedaste et al. (2015):

5. **Orientació:** focalitza en l'estimulació de l'interès i la curiositat en relació al problema o repte que es planteja. Els alumnes identifiquen les variables.
6. **Conceptualització:** procés de comprensió dels conceptes científics relacionats amb el problema. Inclou dues subfases: **Fer preguntes** i **Formulació d'hipòtesis**. Amb la primera subfase es pretén que els alumnes construeixin preguntes per aproximar-se al repte, que es planteja que poden ser més o menys obertes. Amb la segona subfase es pretén que els alumnes generin hipòtesis testables a partir de les preguntes que formulen.
7. **Investigació:** en aquesta fase la curiositat es transforma en acció per donar resposta a les preguntes i contrastar les hipòtesis. Inclou tres subfases: **Exploració**, **Experimentació** i **Interpretació de dades**. Els alumnes exploren i observen, dissenyen experiments canviant els valors de les variables, fan prediccions i interpreten els resultats. Explorar és una manera sistemàtica de dur a terme una investigació amb la intenció de buscar relacions entre les variables involucrades. L'experimentació es centra en construir i aplicar un pla sistemàtic amb una planificació temporal específica que es vincula a les hipòtesis que s'han generat. Es recolliran les dades obtingudes a partir d'un experiment on s'han controlat les variables. Per últim, a la interpretació de dades es pretén que els alumnes identifiquin relacions entre variables i en definitiva esbrinin el significat dels resultats i generin nous coneixements i que els permetin retornar a la pregunta de recerca original o hipòtesi.

8. **Conclusió:** es resol la pregunta de recerca i s'avalua si la resposta és validada pels resultats obtinguts a l'experiment.
9. **Discussió:** És el procés de presentació i comunicació al públic del que s'ha esbrinat a partir del desenvolupament de les diferents fases del cicle d'indagació. S'activen processos metacognitius a partir del desenvolupament d'activitats reflexives. Inclou dues subfases: **Comunicació i Reflexió.** Amb la comunicació els alumnes exterioritzen els seus resultats i conclusions i els comparteixen amb els altres. És llavors quan reben *feedback* i comentaris dels companys. Això els ajuda a articular la seva pròpia comprensió. La reflexió es defineix com el procés de reflexionar sobre tot el que hi ha a la ment de qui aprèn, és un procés intern. Es diferencien dos tipus de reflexió segons el moment que es desenvolupa: durant l'acció o després de l'acció, en aquest darrer cas es reflexiona sobre el procés que s'ha desenvolupat. En ambdós casos, els resultats de la reflexió serveixen per revisar activitats que s'han realitzat durant fases específiques i/o per tenir-ho en compte a l'hora de proposar i desenvolupar nous problemes per a un nou cicle d'indagació i així incorporar millores. Els autors afirmen que hi ha una relació directa entre l'èxit de la indagació i la qualitat de la reflexió sobre el procés.

8.1.8. Síntesi de propostes

Per tancar la tasca de revisió de les diferents propostes de cicles d'indagació que hem seleccionat en coherència al model pedagògic que estem conceptualitzant en aquest apartat, compararem a continuació les diferents propostes per dissenyar la més adequada al model pedagògic de l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació que defensem amb aquesta tesi. Plantegem aquest cicle d'indagació de síntesi des d'una visió discursvocognitiva de la indagació i pretenem que incorpori aspectes clau de l'aprenentatge basat en models i la indagació argumentativa. Com ja hem introduït, aquesta serà una de les contribucions importants de la nostra recerca.

Després d'haver fet una revisió bibliogràfica de les diferents propostes d'indagació, ens adonem que les variants són moltes i totes presenten particularitats que trobem interessants. Estem d'acord amb Keys i Bryan (2001) que no les podem prendre totes al peu de la lletra. En aquesta síntesi proposem comparar les sis propostes d'indagació en ciències que hem revisat en aquest apartat.

Més endavant concretarem les ajudes visuals a l'aprenentatge que des del projecte Metafora ens plantegem aplicar al disseny del nostre projecte.

Presentem a continuació, a la Taula 3, la nostra síntesi i conclusió pel que fa a la confluència d'etapes a partir de les proposades pels sis autors anteriors per regular la indagació. Hem proposat a la primera columna de la taula les etapes que nosaltres considerem que representen la convergència dels set models i que serà la nostra proposta de cicle d'indagació.

Més endavant, a la Part 3, ens basarem en aquesta proposta de síntesi per establir les etapes amb què nosaltres, des de la intervenció, ajudarem als alumnes a desenvolupar la indagació.

Etapes	Bybee (2006) -Cicle 5 E's-	Anastopoulou et al. (2011) - <i>Individual-</i>	Shimoda et al. (2002) -Cicle genèric-	Schwartz et al. (1999) -IBCPP-	Llewelyn (2002) -Constructivista-	Hakkarainen (2010) -Progressiva-	Pedaste et al. (2015) -Contemporani-
Explorar	1. Engegar	- Cercar el meu tema		- Mirar endavant i reflexionar sobre el que s'ha fet abans	1- Introducció del tema 2- Avaluar els coneixements previs 3- Exploració	- Lideratge compartit - Creació d'un context	- Orientació
Plantejar problema		- Decidir la meua pregunta d'indagació o hipòtesi	1. Preguntar	- El repte	4- Formulació i revisió de preguntes	- Proposar una pregunta d'indagació	- Conceptualització (Fer preguntes i formular hipòtesis)
Formular hipòtesis	2. Exploració- investigació	- Planificar la meua metodologia, materials i procediments - Recollida de dades	2. Fer hipòtesis	- Generació d'idees	5- Pluja d'idees de solucions	- Generació de teories	
Construir un model			3. Investigar		6- Dissenyar i dur a terme un pla 7- Recollir dades	- Avaluació crítica - Aprofundiment en la recerca del coneixement - Generació de preguntes subordinades	- Investigació (explicació, experimentació i interpretació de dades)
Discutir resultats	3. Explicació	- Analitzar i representar les meves dades	4. Analitzar	- Perspectives múltiples - Investigar i revisar			
Contrastació d'hipòtesis			5. Construir un model		8- Organitzar les dades, trobar- hi relacions i escriure conclusions		
Elaborar conclusions	4. Extensió- elaboració	- La meua conclusió					- Conclusió
Refinar el model			6. Avaluar	- Posa't a prova	11- Aplicar allò après a noves situacions 12- Proposar una nova pregunta per investigar		
Reflexionar sobre el procés	5. Avaluar	- Reflexionar sobre el meu procés			10- Comparar els nous coneixements amb els previs.	- Construcció de noves teories i publicació	- Discussió (comunicació i reflexió)
Preparar comunicació		- Compartir i discutir la meua investigació		- Fer-ho públic	9- Comunicar els resultats		

Taula 3. Síntesi de les etapes que es proposen en set cicles amb diferents visions de la indagació

L'anàlisi dels diferents cicles d'indagació ens porta a concloure amb l'establiment dels onze principis que és necessari incloure a la proposta d'IBSE d'aquesta tesi. Presentarem aquests principis distingint si són comuns a tots els cicles d'indagació o bé si només els incorporen alguns dels autors.

a) Principis comuns

- 1) Es basen en la visió discursivocognitiva de la indagació
- 2) Es plantegen com un cicle i eviten la consecució lineal dels processos
- 3) Estableixen unes etapes clau que es proposen com a ajuda per a la guia de la indagació científica
- 4) Aquestes etapes fomenten els processos clau per a la indagació en ciències i que són pròpies dels procediments de la ciència autèntica

b) Principis rellevants presents en alguns cicles d'indagació analitzats

- 5) A tots els cicles, excepte el de Shimoda et al. (2002) i Pedaste et al. (2015), proposen explícitament partir dels coneixements previs de l'alumnat per afavorir la integració dels nous coneixements.
- 6) Tots els cicles, excepte el de Bybee (2006), proposen combinar la inducció i la deducció. Amb això pretenem també donar llibertat i guiatge a l'alumnat perquè triï o combini les estratègies metodològiques que consideri que millor l'ajuda a resoldre el repte científic
- 7) Als cicles de Anastopoulou et al. (2011), Llewelyn (2002), Hakkarainen (2010) i Pedaste (2015), inclouen reflexionar sobre el procés per mediar la col·laboració i prendre consciència del procés de treball per així activar els processos de metacognició
- 8) En tots els cicles, excepte al de Bybee (2006) i Schwarts et al. (1999), comuniquen els resultats per ajudar als alumnes a estructurar el que han après i fer palès en el cicle el caràcter social de la ciència en aquest sentit
- 9) Als cicles de Anastopoulou et al. (2011) i Pedaste et al. (2015) es proposa flexibilitat a l'hora d'ordenar i repetir les etapes del cicle. Els alumnes no tenen perquè utilitzar totes les etapes ni ordenar-les d'aquesta manera. Això dependrà del context i la pròpia investigació que construeixin.
- 10) Shimoda et al. (2002) proposa un cicle en espiral per representar la repetició del cicle per resoldre noves preguntes que s'hagin plantejat els alumnes durant o a la conclusió del cicle. Pedaste et al. (2015) també contempen les repeticions del cicle per desenvolupar investigacions que es deriven de la primera.
- 11) Schwarts et al. (1999) proposa l'organització dels alumnes en un metagrup col·laboratiu: obrir els processos de treball dels diferents grups col·laboratius per enriquir la indagació de tots els grups. Així també s'estén el caràcter social de la ciència.

A la Part 3 prendrem aquests principis organitzatius de la indagació com a model per dissenyar la nostra intervenció.

Per tant, d'aquesta anàlisi i comparació de propostes, construïm la nostra pròpia proposta de cicle d'indagació amb què ajudarem als alumnes a desempaquetar els processos d'indagació i que són sis etapes:

- Explorar
- Plantejar problema
- Formular una hipòtesi
- Construir un model
- Discutir resultats
- Refinar el model
- Contrastar les hipòtesis

- Elaborar conclusions
- Preparar comunicació
- Reflexionar sobre el procés

Presentem a continuació, a la Figura 9, la representació gràfica del disseny del cicle que proposem com a convergència de les diferents propostes. Amb aquesta representació visual pretenem manifestar les característiques i principis que hem adoptat. Els descrivim a continuació:

- 1) El cicle incorpora les etapes del cicle d'indagació. Aquestes es representen per mitjà de cercles que es situen a la intersecció de les línies de connexió.
- 2) No es planteja com un cicle lineal
- 3) La reflexió es planteja com una etapa transversal i contínua al llarg del cicle. Aquest fet es representa amb la figura de l'espiral central.
- 4) No hi ha un ordre preestablert de les etapes: l'ordre i la repetició de fases depèn en primer lloc de la pregunta a indagar (Anastopoulou i col·laboradors (2011)). En segon lloc, considerem que depèn del procés dialògic de construcció dels aprenentatges, és a dir, de com s'organitzi el grup de treball, les seves decisions i, en definitiva, com desenvolupin el procés d'aprendre a aprendre junts. Aquesta flexibilitat i diversitat de possibles camins es representa amb les línies de connexió entre les etapes a diferents nivells per desenvolupar el cicle d'indagació que implica un aprenentatge dialògic.
- 5) Els grups poden interaccionar entre ells per desenvolupar la indagació i aportar millores o bé activar processos de reflexió en aspectes que el propi grup no s'havia plantejat. Amb les interaccions i línies que es creuen entre processos d'indagació s'exemplifica la idea de Schwarts i col·laboradors (1999) del metagrup col·laboratiu.
- 6) Una pregunta d'indagació pot desencadenar preguntes secundàries que poden implicar altres cicles d'indagació que es connecten entre ells. En acabar una indagació, pot ser que els alumnes plantegin una altra pregunta i iniciïn un altre cicle. Aquest fet es representa amb la figura de l'espiral central.



Figura 9. La nostra proposta de cicle d'indagació

En aquest cicle hem incorporat el que més endavant descriurem com "icones de llenguatge visual" que s'inclouran a la plataforma Metafora per donar suport a l'aprenentatge dels alumnes i per facilitar que prenguin consciència de les etapes de la indagació, així com per poder planificar i estructurar el seu de treball. Cada icona representa una etapa i la configura una figura il·lustrativa circular i el nom de l'etapa.

8.2. Habilitats i processos científics implicats en la indagació

Amb les descripcions de les diferents propostes de cicles d'indagació analitzades a l'apartat anterior, els propis autors ja fan una breu aproximació a les habilitats d'indagació requerides per a desenvolupar cada etapa que constitueix el seu cicle. En aquest apartat pretenem aprofundir en el desempaquetatge de les etapes de la indagació per identificar les habilitats implicades en cadascuna de les etapes de la indagació que hem incorporat a la nostra proposta de cicle d'indagació.

Carl Wenning (2005) afirma que, com més es treballa a partir de la metodologia de la indagació, incrementa el grau de sofisticació intel·lectual. L'autor relaciona la "sofisticació intel·lectual" amb les habilitats intel·lectuals implicades en els processos d'indagació en ciències que es requereixen per completar un nivell específic d'indagació. Nosaltres utilitzarem preferentment el concepte de demanda cognitiva enfront del de sofisticació intel·lectual posat que a la nostra recerca ens centrem en un marc conceptual que s'orienta als processos cognitius. Entenem per nivell d'indagació la complexitat

de la tasca que s'encomana als alumnes que dependrà del disseny i les característiques de l'activitat d'indagació, aspecte que ja hem abordat a l'apartat 6 d'aquest capítol.

Identifiquem diverses propostes a la bibliografia per organitzar i definir les habilitats científiques implicades en els processos d'indagació. Autors com Ostlund (1992), Lawson (1995) i Rezba, Sprague i Fiel (2003) agrupen les habilitats segons una jerarquia basada en l'etapa educativa del sistema americà: *elementary/middle school* i *middle/high school*. El NRC (2000) identifica tres grups d'habilitats fonamentals també basant-se en els nivells educatius: *elementary school*, *middle school* i *high school*.

Tanmateix, aquests alumnes continuaran utilitzant i desenvolupant tots els nivells de major i menor demanda cognitiva d'habilitats i processos científics al llarg de les seves vides.

Wenning (2005) suggereix una jerarquia d'habilitats, tot i que la presenta com a no definitiva, que es basa amb el nivell de sofisticació intel·lectual dels processos i habilitats implicats en la indagació. Mostrem a la Taula 4 la classificació que fa l'autor.

Habilitats rudimentàries	Habilitats bàsiques	Habilitats integrades	Habilitats avançades
<ul style="list-style-type: none"> - Observar - Recollir dades - Elaborar conclusions - Comunicar - Classificar els resultats - Mesurar mètricament - Estimar - Prendre decisions 1 - Explicar - Predir 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar variables - Construir una taula de dades - Elaborar un gràfic - Descriure relacions entre variables - Adquirir i processar les dades - Analitzar les investigacions - Definir variables - Dissenyar investigacions - Experimentar - Formular hipòtesis - Prendre decisions 2 - Construir models - Controlar variables 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar problemes a investigar - Dissenyar i conduir investigacions científiques - Utilitzar tecnologia i matemàtiques durant la investigació - Generar principis durant el procés d'inducció - Comunicar i defensar un argument científic 	<ul style="list-style-type: none"> - Solucionar problemes complexos del món real - Sintetitzar explicacions hipotètiques complexes - Establir lleis empíriques basades en l'evidència i la lògica - Analitzar i avaluar arguments científics - Construir proves lògiques - Generar prediccions a partir de la deducció - Indagació hipotètica
Baixa	-----Demanda cognitiva-----		Alta

Taula 4. Classificació de les habilitats científiques implicades en la indagació basada en el nivell relatiu de demanda cognitiva (Wenning, 2005)

Wenning (2005) considera que les habilitats avançades impliquen aquells processos cognitius que esdevenen l'objectiu final de l'educació científica.

Destaquem que en aquesta proposta, les habilitats que l'autor considera com integrades i avançades són les que corresponen als nivells d'indagació guiada i, sobretot, oberta, on correspon també una major demanda cognitiva i major autonomia per part de l'alumne.

D'altra banda, connectem la proposta de Wenning amb les propostes dels experts que les classifiquen segons l'etapa educativa, en el sentit que per aprendre les etapes integrades i avançades, abans cal haver-s'hi aproximat a partir del desenvolupament de les etapes rudimentàries i bàsiques. Vist des d'un altre punt de vista, desenvolupar els processos científics que requereixen una demanda

cognitiva alta passa per activar els de demanda cognitiva baixa. Per tant, els processos de demanda cognitiva baixa poden ajudar a desempaquetar els de demanda cognitiva alta.

La proposta de Wenning s'alinea amb altres propostes prèvies que també tenen per objectiu desempaquetar les habilitats per aprendre. Per exemple amb la Taxonomia de Bloom, Engelhart, Furst, Hill i Krathwohl (1956), Bloom estableix una jerarquia d'objectius i habilitats relatiu a l'aprenentatge de l'alumnat i proposa que, per adquirir els nivells més alts, cal haver assolit els baixos. Proposa dos nivells per a les habilitats de pensament: els HOTS (habilitats de pensament d'ordre superior, "Higher order thinking skills" de l'anglès) i LOTS (habilitats de pensament d'ordre inferior, "Lower order thinking skills" de l'anglès).

Lorin Anderson i David Krathwohl, van revisar als anys 90 els dominis cognitius que va proposar Bloom (Anderson et al., 2001). Resumim aquests canvis a la Figura 10 que presentem a continuació:

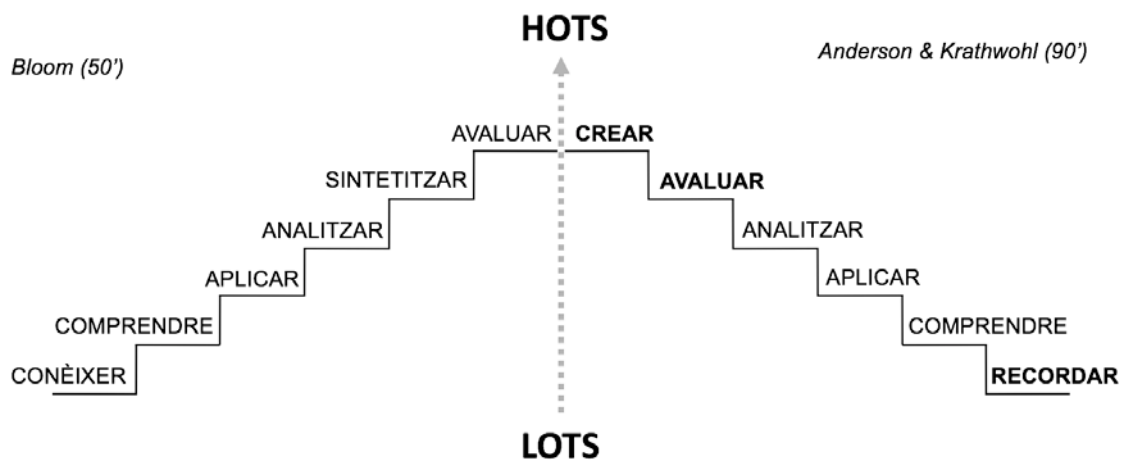


Figura 10. Revisió de la Taxonomia de Bloom. Classificació de les habilitats i processos científics implicats en la indagació

Destaquem a la Figura 10 en negreta els conceptes que Anderson i col·laboradors (2001) van modificar de la taxonomia de Bloom. D'una banda, canvien la més inferior de les habilitats de pensament, conèixer per "recordar", prioritzant allò que els alumnes són capaços d'explicar d'allò que han après. D'altra banda, modifiquen les dues habilitats de pensament d'ordre superior. Suprimeixen l'habilitat de "sintetitzar" perquè consideren que ja està implicada en el procés d'"aplicar" posat que aquest darrer requereix una estructuració d'allò que es comprèn. D'altra banda, situen "avaluar" al segon esglau més alt i "crear" al superior. El procés creatiu implica habilitats de nivell superior, és a dir, generar una estructura o patró a partir de diversos elements que constitueixen una entitat global. Es autors consideren que la creació implica crear un nou significat o estructura. La Figura 11 exemplifica la convergència entre ambdues propostes.

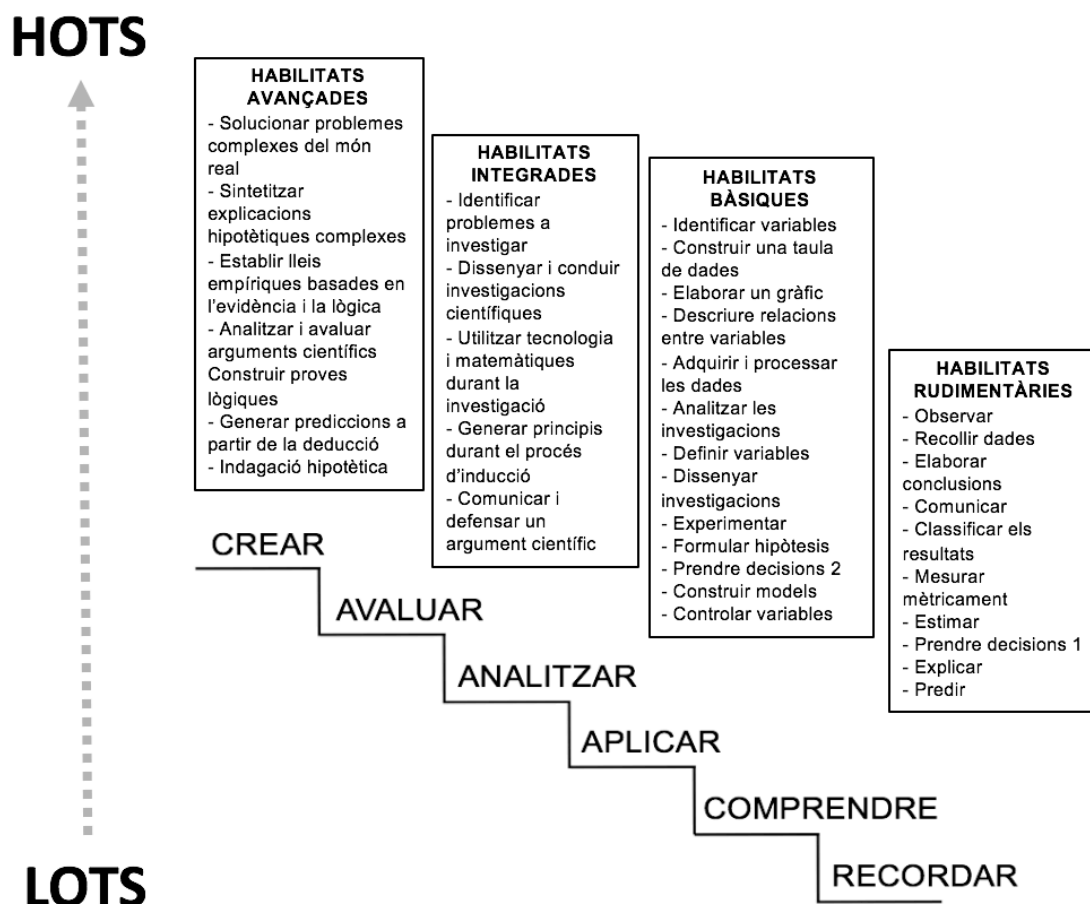


Figura 11. Correspondència entre les habilitats de pensament de la Taxonomia de Bloom revisada i les habilitats i processos específics implicats en la indagació en ciències de Wenning (2005)

Les habilitats i processos implicats en l'IBSE que Wenning classifica com a rudimentàries i bàsiques, les associem a les habilitats de pensament d'ordre inferior: recordar, comprendre i aplicar. En canvi, les habilitats integrades i avançades, les relacionem amb les habilitats de pensament d'ordre superior de la Taxonomia revisada de Bloom.

8.2.1. Síntesi de processos d'indagació

A partir de les revisions exposades sobre habilitats d'indagació de l'apartat 8.2 i de la literatura revisada sobre els cicles d'indagació de l'apartat 8.1, hem identificat i relacionat les habilitats i/o processos que ajudaran als alumnes a desempaquetar les etapes que hem definit al nostre cicle d'indagació.

Així per exemple, el procés de formulació d'hipòtesis considerem que implica el desenvolupament d'habilitats i processos com ara: la pluja d'idees entre els membres d'un grup per aportar allò que cadascú prediu individualment i per dissenyar la hipòtesi; arribar a un acord per escollir la hipòtesi que el grup contrastarà per resoldre el problema, i proposar alternatives en cas que les propostes no satisfacin al grup.

Es presenta a continuació, a la Taula 5, les habilitats que considerem que són necessàries per assolir l'objectiu d'aprenentatge de cada etapa d'indagació que incorpora el nostre cicle:

Etapa	Habilitats d'indagació	
1) Explorar i Plantejar problema	Anticipar Recopilar informació Explicar	Discutir Arribar a un acord Fer un informe Identificar i formular un problema
2) Formular una hipòtesis	Pluja d'idees Recopilar informació Arribar a un acord	Proposar una alternativa Dissenyar hipòtesis Predir
3) Construir un model	Construir Dissenyar investigacions Controlar variables Experimentar Observar Prendre decisions	Simular Recollir dades Prendre notes Assignar rols Identificar i definir variables Crear
4) Discutir resultats i Refinar el model per Contrastar les hipòtesis	Classificar els resultats Representar les dades Analitzar Processar dades Discutir Explicar Analitzar i avaluar arguments científics	Avaluar Comparar i contrastar Reflexionar Prendre decisions Descriure relacions entre variables Construir un argument científic
5) Elaborar conclusions i Preparar comunicació	Integrar Sintetitzar	Presentar Defensar un argument científic
6) Reflexionar sobre el procés	Reflexionar	
Etapa Opcional: transferir a nous problemes i contextes	Identificar un problema Avaluar	Pluja d'idees Aplicar Crear

Taula 5. Habilitats d'indagació que proposem al nostre projecte per desempaquetar les Etapes del cicle d'indagació

Amb aquesta classificació d'etapes i processos pretenem contribuir des d'aquesta tesi a identificar i organitzar els processos i habilitats d'indagació científica que estan implicats al desenvolupament de les etapes d'indagació que hem inclòs a la nostra proposta de cicle d'indagació.

CAPÍTOL 3. ENTORNS TECNOLÒGICS D'APRENTATGE QUE DONEN SUPORT A LA INDAGACIÓ

Algunes de les propostes de treball científic que es fan avui en dia a les aules de ciències no resulten particularment atractives per als alumnes actuals, els anomenats *millennials*. Apollonia (2010) considera que els estudiants del segle XXI estan immersos al món connectats amb els companys, la tecnologia i els continguts web en els quals estan interessats. Però quan entren a les aules de ciències es generen uns entorns en contraposició al seu món, on estan desconnectats dels companys i de les eines que ells utilitzen per a l'aprenentatge informal. En aquestes aules se'ls demana consumir, completar i replicar uns continguts que el docent els proporciona i que estan definits pel currículum. Endemés, sovint aquest currículum no evoluciona al mateix ritme que evolucionen la ciència, la tecnologia i la societat.

En aquest sentit, els entorns tecnològics d'aprenentatge que donen suport a la indagació (ILE, de l'anglès Inquiry Learning Enviroments) poden resultar una proposta interessant per fer front a aquesta desconexió.

En els darrers anys la tecnologia i les tecnologies de la informació estan rebent més atenció pel seu potencial per facilitar les noves formes d'indagació col·laborativa. Linn & Eylon (2011) defensen que en els ILE la web esdevé un recurs per a l'exploració del coneixement i la indagació en ciències que permet a l'alumnat cercar dubtes i informacions d'interès personal, comparar, contrastar i distingir idees.

Cada vegada més, la tecnologia d'avui en dia ha desplaçat el focus d'atenció de plataformes d'escriptori a plataformes web, a mesura que empreses com Google, IBM, Microsoft, Oracle i SAP han desenvolupat i promogut aquest canvi. Un aspecte que ha facilitat aquest canvi és l'emmagatzematge de dades, que també s'ha emplaçat al web. Aquesta nova aproximació, en la que la web es defineix com a plataforma que suporta la comunicació i els serveis, s'ha caracteritzat com a "Cloud Computing" (CC) i permet l'ús de recursos d'internet als quals s'hi accedeix virtualment des de l'ordinador d'un usuari (Chen & Tsai, 2010). El cyberaprenentatge ha estat el terme que s'ha utilitzat per descriure l'ús de les tecnologies informàtiques i de la comunicació per treballar en xarxa i inclouen els entorns virtuals que donen suport a l'aprenentatge (Nationat Science Foundation, 2008)

És per això que la web trenca amb els límits de l'aula i possibilita als alumnes solucionar dubtes d'interès personal. De Jong i col·laboradors (2014) conclouen que els avenços tecnològics recents incrementen encara més els èxits de l'aplicació de l'IBSE.

Diversos investigadors (per exemple: Lee, Linn, Varna & Liu., 2010; Linn, Ler, Tinker, Husik & Chiu, 2006) han comparat la instrucció tradicional amb la instrucció per indagació amb suport web focalitzant en l'estudi de les habilitats dels alumnes per connectar entre temes científics. Els resultats indiquen que els alumnes que han treballat amb la indagació amb suport web guanyen en integració dels aprenentatges en comparació amb la metodologia convencional. Tanmateix, destaquem que no es proposa abandonar l'aprenentatge dels alumnes al guiatge exclusiu dels ILE. Van Joolingen, de Jong i Dimitrakopoulou (2007) han estudiat que, sense suport, els alumnes es bloquegen al ser exposats simultàniament a l'hipermedia i a processos d'indagació complexos.

Donnelly i col·laboradors (2014) proposen els ILE com a sistemes per desenvolupar el currículum de ciències i que tenen el potencial d'ajudar al professorat a desenvolupar habilitats de

guiatge efectiu en la implementació d'activitats d'indagació i refinar la seva pràctica docent basant-se amb el registre del treball dels alumnes que queda a la plataforma. Defineixen que els ILE: proporcionen instrucció per a un o més temes científics; aprofiten la tecnologia per representar idees complexes utilitzant les visualitzacions i/o demanen als estudiants que representin les seves idees visualment; ofereixen bastides per a desenvolupar la indagació en ciències i donen suport a la col·laboració; integren processos d'avaluació i registren el treball i com es progressa per facilitar la supervisió i guiatge de l'estudiant. Amb això es facilita que l'alumnat prengui consciència del seu treball i s'activen els processos de metacognició.

En recerca educativa s'ha fet referència als ILE a partir de diferents nomenclatures: "Digital Teaching Platforms" (Dede & Richards, 2012), "Model-based Science Learning Enviroments" (Sun & Looi, 2013), "Computer-based Learning Enviroments" (per exemple: Roscoe, Segedy, Sulcer, Jeong & Biswas, 2013; Devolder, van Braak & Tondeur, 2012), "Inquiry Learning Spaces" (de Jong et al., 2014) i "Web-based Inquiry Science Enviroment" (Raes et al., 2014), entre altres.

En els darrers anys s'han desenvolupat nombrosos i diversos ILE que han estat usats en moltes investigacions. Recollim alguns exemples a la Taula 6:

ILE	Temàtica	Exemples d'estudis vinculats	País
Co-Lab	Dinàmica de fluids, efecte hivernacle, gestió de l'aigua, física del moviment	Mulder, Lazonder, De Jong, Anjewierden, & Bollen, 2012; van Borkulo, van Joolingen, Savelsbergh, & de Jong, 2012	Holanda
Inquiry Island	Fitogenètica	Eslinger, White, Frederiksen, & Brobst, 2008	EUA
nQuire	Alimentació saludable	Anastopoulou et al., 2011	Anglaterra
IMMEX	Agronomia	Thadani, Stevens, & Tao, 2009	EUA
PEC	Terratrèmols	Yeh et al., 2012	Taiwan
SCY	construcció d'una casa 0-CO ₂	de Jong et al., 2012; Furberg, Kluge, & Ludvigsen, 2013	Holanda
STOCHASMOS	Vida extraterrestre, ecosistemes i enginyeria genètica	Hansson, Redfors, & Rosberg, 2011; Nicolaidou et al., 2011; Kyza, Constantinou, & Spanoudis, 2011	Xipre
WISE	Airbags, càncer, canvi climàtic	Clark, Touchman, Martinez-Garza, Ramirez-Marin, & Skjerping Drews, 2012; Gerard, Spitulnik, & Linn, 2010; Liu, Lee, & Linn, 2010; Raes, Schellens, de Weber, 2012	EUA

Taula 6. Exemples d'entorns d'aprenentatge per indagació

Com podem veure, les temàtiques científiques que tracten els ILE poden ser molt diverses. A més, un mateix ILE es pot utilitzar per treballar temàtiques de disciplines científiques ben diferents com física, química, biologia, geologia i ciències de la terra.

A continuació es defineixen quines són les característiques comunes que comparteixen la majoria d'ILE.

1. Característiques dels entorns tecnològics d'aprenentatge que donen suport a la indagació: comparació entre quatre exemples

A partir de les aportacions que fan diferents autors i de les diverses aplicacions i dissenys que s'han fet dels ILE, Donnelly, Linn i Ludvigsen (2014) desenvolupen una exhaustiva revisió bibliogràfica de 76 estudis realitzats entre els anys 2008 i 2014 per caracteritzar els ILE. Seguint les seves aportacions, concretem quatre característiques que resumeixen el potencial demostrat pels ILE en la promoció del guiatge dels alumnes en el desenvolupament de les habilitats d'indagació:

- i. exploració de contextos científics autèntics i significatius
- ii. ús de visualitzacions
- iii. suport a la col·laboració
- iv. desenvolupament de l'aprenentatge autònom i l'activació de processos metacognitius.

A continuació es descriuen com quatre exemples d'entorns tecnològics d'aprenentatge per indagació utilitzats recurrentment en recerca educativa, nQuire, SCY, STOCHASMOS i WISE, desenvolupen aquestes 4 característiques.

1.1. Exploració de contextos científics autèntics i significatius

A la bibliografia trobem varis exemples d'ILE que proposen als alumnes aprendre en contextos autèntics a partir de problemes sociocientífics complexos. Varis autors (per exemple: Saab, van Joolingen, van Hout-Wolters, 2009; Nieswandt & Shanahan, 2008) estan d'acord que connectar la ciència amb la vida quotidiana i proposar als alumnes activitats col·laboratives amb importància, tant a nivell personal com d'implicacions en el present i futur de la nostra societat, és crucial ja que aquestes connexions poden desencadenar canvis a l'estructura motivacional, orientant-la més intrínsecament. A més Romine, Sadler i Kinslow (2016) consideren que aquests temes sociocientífics complexos impliquen que els alumnes desenvolupin habilitats de raonament sociocientífic que els permetran generar una comprensió complexa i fonamentada d'aquests fenòmens.

- A nQuire es proposa als alumnes tasques en les que aquests han de documentar els aliments que consumeixen i analitzar les implicacions del seu consum (Anastopoulou et al., 2011).
- Els reptes de SCY (Science Created by You) proposen als alumnes que creïn dissenys per solucionar reptes sociocientífics com ara crear una casa amb baixes emissions de CO₂ (per exemple: Furberg et al., 2013).
- A STOCHASMOS, un entorn d'aprenentatge virtual sobre biotecnologia, es proposa a l'alumnat utilitzar les evidències científiques en un debat sobre un dilema científic, per exemple, si s'hauria de permetre el cultiu de plantes modificades genèticament (per exemple: Hansson, et al., 2011).
- Amb WISE es planteja preguntes als alumnes com "Com es pot reduir l'escalfament global?" (Varma & Linn, 2012; i Raes et al., 2014), "Quines són les causes i les possibles cures del càncer?" (Linn & Eylon, 2011).

Els ILE tenen la capacitat de donar suport a preguntes científiques rellevants posat que trobem molts exemples a la bibliografia que generen un escenari d'indagació significativa per als alumnes.

1.2. Ús de visualitzacions

Aquesta característica afavoreix dues qüestions: a) que els conceptes científics siguin més visibles i b) que el pensament dels alumnes es faci visible. Tots els ILE aprofiten la tecnologia per possibilitar aquestes dues característiques. En el primer cas a), les visualitzacions s'utilitzen per il·lustrar fenòmens que s'esdevenen a nivell microscòpic, ràpids o massa grans per experimentar a l'aula (per exemple: Höffler & Leutner, 2007). Per exemple, l'ús de simulacions per modelitzar fenòmens o processos han trencat amb les barreres experimentals, la complexitat de l'obtenció de grans volums de dades i de limitacions tècniques de les aules. Amb els simuladors, els alumnes poden controlar diferents variables als experiments per veure com evolucionen unes en funció d'altres. En l'àmbit de la biologia, s'apliquen les simulacions en múltiples casos: per fer encreuaments de genètica i redemonstrar les lleis de l'herència mendeliana i la no mendeliana; per conèixer la dinàmica poblacional entre depredador i presa i els efectes de la modificació de variables com poden ser l'afectació per paràsits, la mortalitat provocada per una pertorbació o la introducció de noves espècies al mateix nivell tròfic d'un ecosistema; i per observar cèl·lules i altres estructures amb diferents augments, des de la lupa binocular i el microscopi òptic als microscopis electrònics de rastreig i transmissió, entre altres exemples. Els simuladors es poden presentar als alumnes per tal que ells reforcin la comprensió de les propietats d'un model científic prèviament introduït. Però també es poden utilitzar al revés, perquè ells redescobreixin un model a partir del comportament de les variables.

En el segon cas b), als quatre ILE es desenvolupen estratègies per fer explícit el procés d'indagació als alumnes. A nQuire, STOCHASMOS i WISE s'ofereix als alumnes uns passos de la indagació amb l'objectiu d'ajudar-los a identificar els processos d'indagació, que hem anomenat anteriorment com a cicles i etapes o fases de la indagació (pàgina 67). A l'SCY es dona als alumnes un mapa de la missió a indagar per ajudar als alumnes a identificar els processos d'indagació.

- A nQuire es guia als alumnes en les diferents etapes de la indagació i es demana que registrin els processos que hi desenvolupen. També es generen gràfics amb les dades que recullen sobre nutrients que ingereixen per comparar-ne els resultats (Anastopoulou et al., 2011).
- L'entorn SCY ofereix recursos com construcció de mapes conceptuals, modelitzacions i simulacions en què anomenen mapa de la missió, on els alumnes poden veure les seves missions a completar (de Jong et al., 2012).
- A STOCHASMOS els alumnes avaluen la credibilitat d'evidències a partir de vídeos i gràfics. L'entorn organitza les etapes d'indagació per pestanyes i així és com es dona suport als alumnes en la indagació (Nicolaidou et al., 2011).
- Per a WISE, Slotta i Linn (2009) van desenvolupar el marc metodològic de la integració del coneixement (KI) per al desenvolupament de projectes curriculars de ciències, que ja hem descrit anteriorment quan hem introduït l'aprenentatge per projectes per desenvolupar l'IBSE, apartat 6.1, pàgina 62. Amb la integració del KI a l'entorn WISE s'incorporen visualitzacions que inclouen: simulacions, experiments virtuals, vídeos, gràfics i modelitzacions de diversos temes científics (McElhane & Linn, 2011; Ryoo & Linn, 2012). A més, el guiatge en el KI implica que els alumnes facin prediccions, que utilitzin el mapa de visualització del procés que segueixen tot afegint noves idees i distingint-les de les prediccions, que construeixin arguments científics i que l'utilitzin per reflexionar sobre el procés (Liu et al., 2010).

Els ILE utilitzen diferents aproximacions per guiar els alumnes en el desenvolupament adequat dels processos d'indagació. Les diferents aproximacions busquen estratègies per evitar tant donar una guia excessiva a l'alumnat com excessiva autonomia, i així impedir que es perdin i no sàpiguen com procedir.

1.3. Suport a la col·laboració

Moltes propostes d'ILE incorporen el suport a l'aprenentatge col·laboratiu (són exemples: Bell, Gess-Newsome & Luft, 2008; Raes et al., 2014), per tant incorporen característiques del disseny propi del CSCL. El CSCL en general fa referència a situacions que la tecnologia juga un rol important a donar forma a la col·laboració (Goodyear, Jones & Thompson, 2014). Gillies (2007) afirma que l'aprenentatge per indagació encaixa particularment bé amb els entorns d'aprenentatge col·laboratiu i els projectes grupals.

Couso (2014) proposa que plantejar activitats d'indagació en grup a l'aula de ciències pot ser molt important per incorporar a la metodologia d'ensenyament-aprenentatge una visió social i cultural. Considera que el rol de la comunitat i el llenguatge són crucials per a l'aprenentatge dels alumnes. Però també és molt important, des del punt de vista epistemològic, per aconseguir una pràctica científica autèntica on s'han de produir situacions discursives en comunitat.

Park et al. (2008) reconeixen que quan els alumnes treballen col·laborativament, els alumnes amb dificultats es mostren i s'obren a les discussions de grup. En la metodologia tradicional són només els alumnes que tenen facilitat per les ciències els que es senten amb la confiança de participar en discussions davant de tot el grup-classe.

Les diferències rau en la manera de donar suport a aquesta col·laboració. Dels quatre casos, només a STOCHASMOS i WISE treballen en grups col·laboratius, però només el primer ofereix ajudes especialment dissenyades per donar suport a la col·laboració.

- Anastopoulou i col·laboradors (2011) des de nQuire, on es treballa el tema de la dieta saludable, consideren que alguns alumnes es poden sentir incòmodes compartint els seus hàbits alimentaris i que això pot interferir en la tria del tema a indagar sobre la seva salut alimentària. Per tant, la solució que aporten des de la seva aproximació és que els alumnes puguin decidir si compartir o no les seves dades personals sobre la dieta.
- A SCY es possibilita que els alumnes puguin desenvolupar algunes tasques individualment o en grup. Algunes d'aquestes tasques són: reflexionar sobre el procés, criticar i avaluar les idees dels companys i discutir altres aspectes dels seus dissenys a partir del xat (de Jong et al., 2010; de Jong et al., 2012). Els alumnes poden accedir als treballs dels companys i aprofitar per comparar i millorar el seu propi treball. Furberg et al. (2013) han observat que aquest patró, que es dona també en la ciència autèntica, pot promoure el canvi conceptual.
- A STOCHASMOS els alumnes comparteixen les seves idees en un mateix espai de treball i han d'arribar a acords amb els companys de grup. Nicolaidou i col·laboradors (2011) han observat, però, que resulta difícil per als alumnes mantenir la col·laboració en investigacions perllongades.
- A WISE es planteja que els alumnes treballin col·laborativament però l'entorn no ofereix un guiatge explícit a aquesta col·laboració. No es possibilita a l'alumnat fer el seguiment de les seves pròpies idees. Malgrat aquesta manca de guiatge, Raes i col·laboradors (2012) han reportat que els alumnes monitoritzen espontàniament el progrés els uns dels altres i consideren que, com a conseqüència, això incrementa la seva capacitat d'autoregulació.

Malgrat que es pot afirmar que en general els ILE possibiliten la col·laboració, no tots els dissenys hi donen un suport explícit. Sovint es plantegen activitats IBSE en grup on l'agrupació no s'aprofita realment per al procés d'aprenentatge. En ocasions no es planifiquen acuradament les situacions on la conversa i la discussió científica de les idees entre alumnes i alumnes i professors siguin l'eix central de l'activitat de construcció conjunta de significat (Couso, 2014). Donnelly i col·laboradors, (2014) reforcen aquesta idea afirmant que la col·laboració és més efectiva quan s'ofereixen ajudes específiques als alumnes per possibilitar-la.

Per tant, és important mediar la interacció entre els alumnes oferint-los instruments i estratègies que els serveixin de bastida en la construcció conjunta del significat científic i el disseny d'entorns virtuals amb aquest objectiu s'ha demostrat que afavoreix resultats positius. En aquest sentit, Makitalo-Siegl, Kohnle i Fischer (2011) reforcen el valor de guiar la col·laboració i afirmen que aquest aspecte podria millorar molts ILE.

1.4. Desenvolupament de l'aprenentatge autònom i activació de processos metacognitius

L'objectiu de l'aprenentatge autònom és que els alumnes desenvolupin habilitats d'aprendre a aprendre, que podran aplicar al llarg de la seva vida en molts àmbits. L'aprenentatge autònom i la metacognició impliquen que els alumnes estableixin els seus propis objectius d'aprenentatge, estenguin les seves idees prèvies a partir de refinar els seus coneixements previs, reflexionin i connectin les seves idees en la construcció d'arguments complexos (Williams, DeBarger, Montgomery, Zhou & Tate, 2012).

Per fomentar l'aprenentatge autònom, als ILE s'incorporen eines que fan la funció d'instruments de guia del treball i d'avaluació orientats a la millora de l'aprenentatge dels alumnes i que els professors puguin donar-hi suport. En definitiva, aquestes ajudes contribueixen a l'aprendre a aprendre. A més, aquestes eines contribueixen que l'alumnat prengui consciència del seu procés d'aprenentatge i, per tant, activen processos metacognitius. És per això que els ILE incorporen, tal i com hem explicat abans, visualitzacions de les etapes de la indagació, els processos i habilitats d'indagació que hem explicat a l'apartat 88 de la pàgina 67.

Les quatre plataformes que comentarem ofereixen nombrosos i diversos suports a l'aprenentatge dels alumnes. A continuació farem una llista de cadascun dels processos de la indagació que les quatre plataformes incorporen, en forma de codis, com ajudes a l'aprenentatge:

- nQuire codifica la construcció d'hipòtesis, la recollida de dades, la manipulació de variables, l'explicació del contingut científic, la planificació d'experiments, la selecció de variables, analitzar o interpretar, elaborar conclusions, reflexionar, presentar, construir un argument, construir un gràfic i dibuixar o anotar.
- A SCY s'incorpora la construcció d'hipòtesis, la recollida de dades, la manipulació de variables, l'explicació del contingut científic, planificació d'experiments, la selecció de variables, analitzar o interpretar, elaborar conclusions, reflexionar, presentar, construir un argument, construir un model i dibuixar o anotar.
- A STOCHASMOS s'inclou la construcció d'hipòtesis, l'explicació del contingut científic, la planificació d'experiments, analitzar o interpretar, elaborar conclusions, reflexionar, presentar, construir un argument, construir un gràfic, i dibuixar o anotar.
- Per últim, WISE inclou la construcció d'hipòtesis, la recollida de dades, la manipulació de variables, l'explicació del contingut científic, planificació d'experiments, la selecció de variables, analitzar o

interpretar, elaborar conclusions, reflexionar, presentar, construir un argument, construir un gràfic, construir un model i dibuixar o anotar.

No tots els dissenys d'ILE incorporen de la mateixa manera les ajudes a l'aprenentatge. Donnelly i col·laboradors (2014) han detectat que tot i que en general es dona molt suport a l'autonomia i la metacognició en processos d'indagació com construir hipòtesis, recollir dades, analitzar, interpretar i elaborar conclusions, en general es dona poc suport a habilitats d'indagació com construir arguments, planificar, distingir variables, manipular variables, presentar, reflexionar, seleccionar recursos, dibuixar, construir gràfics, la distribució de rols i la modelització.

En aquesta tesi presentem un ILE anomenat Metafora dissenyat i construït a partir de la investigació i que incorpora les quatre característiques que hem exposat. Els membres del projecte de recerca hem desenvolupat diferents escenaris de treball amb temàtiques científiques molt diverses, com ara ciències de la terra, medi ambient i sostenibilitat, matemàtiques i física, entre altres. A Metafora la tecnologia dona suport a la indagació científica i a la interacció quan els individus estan copresents. Les instruccions es dissenyen tenint en compte l'organització dels alumnes en grups col·laboratius. Es promou la visualització del procés d'aprenentatge perquè els alumnes prenguin consciència dels processos d'indagació i d'aprendre a aprendre junts, així es promou l'autonomia i s'activa la metacognició.

2. Ajudes a l'aprenentatge en els entorns tecnològics que donen suport a l'aprenentatge de les ciències per indagació

Les ajudes a l'aprenentatge o bastides han estat definits com a eines, estratègies o guies que ajuden als alumnes a assolir un major grau de comprensió del coneixement (Devolder et al., 2012), a partir de l'activació d'estratègies existents d'aprenentatge autoregulat (a partir d'ara SRL, "Self Regulated Learning" de l'anglès). Aquestes estratègies inclouen processos metacognitius i la consciència sobre la comprensió del desenvolupament de la tasca acadèmica (Kauffman, 2004; i Schraw, Kauffman, & Lehman, 2002). Pintrich (2000) va conceptualitzar l'SRL o regulació metacognitiva de l'aprenentatge, que han estès altres autors (per exemple: Azevedo, 2008; Devolder et al., 2010; i Devolder et al., 2012). L'SRL és un model integrat de quatre àrees: cognició, motivació, comportament i context.

Com ja hem explicat al primer capítol, les bastides es relacionen amb la teoria de la ZDP de Vigotsky (1978). En aquesta vinculació les bastides esdevenen eines per ajudar a la transició entre el coneixement i les pràctiques des de la ZDP de l'alumne a la zona on aquest pot arribar. Les estructures que hi donen suport avui en dia inclouen: els dispositius conversacionals, per exemple preguntes que guien els alumnes; el disseny curricular, per exemple instruccions directes als alumnes, i elements incrustats als ILE (Pea, 2004; Quintana, et al., 2004; Tabak, 2004). Als *softwares* es poden integrar eines que poden proveir els alumnes de les estructures necessàries per abordar tasques complexes (per exemple: Bell & Davis, 2000; Toth, Suhers & Lesgold, 2002).

En cap moment es pretén que aquestes ajudes substituïxin al professor. Podolefsky, Moore, i Perkins (2014) consideren que, gràcies a les ajudes a l'aprenentatge, el professor pot reduir el seu rol de transmissor o recurs de coneixement sobre continguts i pot incrementar l'ús de pràctiques pedagògiques i estratègies didàctiques relatives al coneixement didàctic sobre el contingut científic (PCK) per facilitar que els alumnes desenvolupin processos científics, el pensament de grup, les habilitats d'argumentació, l'emprenedoria i la participació.

Des de la recerca educativa en ciències, s'ha emfatitzat que és necessari ajudar als alumnes amb les habilitats de pensament d'ordre cognitiu superior en contextos d'aprenentatge complexos a partir de la modelització de la pràctica, l'autoregulació de l'aprenentatge, la metacognició i l'argumentació (Lin et al., 2012). Aquest és un àmbit de la recerca molt actiu i que està en auge (Lin et al., 2012; Linn & Bat-Sheva, 2011; Podolefsky et al., 2014). Als ILE, perquè els alumnes assoleixin un aprenentatge efectiu en entorns tecnològics, es requereix la provisió de certs tipus de guiatge i suport, i de Jong (2006) i Quintana i col·laboradors (2004) proposen fer-ho a partir dels bastides o ajudes a l'aprenentatge.

Dedicarem el proper apartat a desenvolupar el tipus d'ajudes que es poden oferir des dels ILE.

2.1. El disseny d'ajudes a l'aprenentatge per indagació en ciències en els entorns tecnològics d'aprenentatge que donen suport a la indagació

Quintana i col·laboradors el 2004 van fer una revisió de les aportacions de diferents autors sobre el disseny i l'avaluació de diverses estratègies per donar suport a l'aprenentatge integrades als ILE per a promoure la indagació científica. A partir d'aquesta revisió van proposar una síntesi sobre el suport pedagògic i els mecanismes que descriuen aquestes estratègies per ajudar els alumnes a superar els obstacles que enfronten en la indagació científica. La seva proposta es centra en el disseny d'aquestes ajudes des dels ILE, la qual ha esdevingut de referència i encara és avui vigent. Nosaltres contribuïrem a oferir exemples actuals utilitzats i caracteritzats des de la recerca en els ILE.

Quintana i col·laboradors (2004) es van basar en diferents principis generals de l'aprenentatge com la integració del coneixement (KI) que es basa en la construcció de nous coneixements a partir de les idees prèvies dels alumnes (Linn, et al., 2004a; Linn & Hsi, 2000), els principis del disseny centrat en l'alumne (LCD, "Learner-centered design") (Quintana, Soloway & Krajcik, 2003) i l'aprenentatge per indagació basat en problemes (Kolodner et al., 2003), entre altres. El model de Quintana i col·laboradors (2004) focalitza en els obstacles que es pot trobar l'alumnat quan desenvolupa una fase de la indagació i que es poden classificar en tres components de la indagació: **1) generació de significat científic**, inclou el desenvolupament de processos d'indagació, com ara la generació d'hipòtesis, analitzar dades, fer interpretacions, etc.; **2) gestió del procés d'indagació**, que fa referència a les decisions estratègiques per al control del procés d'indagació, i **3) articulació i reflexió sobre el procés d'indagació científica**, que és el procés de construcció, avaluació i articulació d'allò après que inclou processos cognitivament complexos i que sovint es desenvolupen en activitats socials com discussions, negociacions i la construcció de consensos.

A la seva proposta Quintana i col·laboradors (2004) defineixen, per a cadascun dels tres components de la indagació, l'orientació de les ajudes i estratègies per dissenyar-les i integrar-les en els ILE. Recollim a la Taula 7 la classificació que fan els autors.

Component de la indagació	Orientació de les ajudes	Estratègies d'ajuda a l'aprenentatge
a) Generació de significat científic	a.1) Utilitzar representacions i llenguatge específic de la disciplina que facin de pont per a l'aprenentatge	<ul style="list-style-type: none"> - Facilitar organitzadors conceptuals - Utilitzar descripcions de conceptes complexos - Integrar guiatge expert per ajudar als alumnes a utilitzar i aplicar el contingut científic
	a.2) Organitzar les eines i els artefactes al voltant de la semàntica de la disciplina	<ul style="list-style-type: none"> - Explicitar estratègies pròpies de la ciència a les interaccions dels alumnes amb l'eina - Explicitar estratègies pròpies de la ciència als artefactes que creen els alumnes
	a.3) Utilitzar representacions amb les que els alumnes puguin descobrir propietats subjacents importants de les dades	<ul style="list-style-type: none"> - Oferir representacions que revelin propietats subjacents de les dades - Permetre als alumnes inspeccionar múltiples perspectives del mateix objecte o dades - Facilitar als alumnes la manipulació de les representacions
b) Gestió del procés d'indagació	b.1) Facilitar una estructura per resoldre tasques complexes	<ul style="list-style-type: none"> - Restringir una tasca complexa mitjançant l'establiment de límits útils per als estudiants - Descriure les tasques complexes mitjançant l'ús de descomposicions de tasques ordenades i desordenades - Limitar l'espai de les activitats mitjançant l'ús de models funcionals
	b.2) Integrar l'assessorament expert sobre els processos d'indagació	<ul style="list-style-type: none"> - Integrar l'assessorament expert per clarificar característiques dels processos d'indagació - Integrar l'assessorament expert per indicar els fonaments dels processos d'indagació
	b.3) Gestionar de forma automàtica les tasques rutinàries i no rellevants	<ul style="list-style-type: none"> - Automatitzar parts de les tasques que no siguin rellevants per reduir les demandes cognitives - Facilitar l'organització de les produccions dels alumnes - Facilitar la navegació entre les eines i activitats
c) Articulació i reflexió sobre el procés d'indagació científica	c.1. Facilitar l'articulació i reflexió a mesura que s'avança en la investigació	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionar recordatoris i orientació per facilitar la planificació i el control productius - Proporcionar recordatoris i orientació per facilitar l'articulació durant la generació de significat - Ressaltar les característiques epistemiques pròpies de la indagació i productes científics

Taula 7. El disseny d'ajudes a la indagació en ILE. Basat en Quintana et al. (2004)

A continuació es desenvolupa l'explicació de la taula seguint l'estructura següent: component de la indagació, obstacles, orientacions de les ajudes, estratègies d'ajuda a l'aprenentatge i exemples d'aquestes.

a) Ajudes per a la generació de significat científic

La generació de significat comprèn un seguit de processos cognitius que s'activen per connectar el raonament sobre un fenomen amb els procediments empírics i construccions formals pròpies de la disciplina per així construir el coneixement específic de ciències. Per exemple, els alumnes necessiten traduir les conjectures sobre un fenomen a hipòtesis que poden ser utilitzades en una

comparació sistemàtica (testar si les emissions de diòxid de carboni s'associen a l'increment de la temperatura global del planeta). Necessiten conèixer com des de diferents àrees de la ciència es tracten les representacions de dades per identificar patrons. Cal que identifiquin variables rellevants de la descripció d'una situació. I, finalment, han d'interpretar les dades tenint de referència les seves prediccions per raonar sobre les implicacions dels resultats per a les hipòtesis plantejades o plantejar-se'n de noves.

D'altra banda, la generació de sentit implica que l'alumnat conegui les representacions formals pròpies de la ciència, per exemple diagrames i representacions simbòliques (per exemple, estructures moleculars i equacions). Així, a mesura que van raonant sobre una situació, han de modificar les representacions per codificar noves inferències, com podria ser la construcció de vectors, gràfics o taules.

Obstacles

Els obstacles que es poden trobar els alumnes i que suposen un repte per al seu aprenentatge són els següents:

- Passar del pensament intuïtiu a les construccions científiques formals dels experts (per exemple: Sherin, 2001). Necessitaran evolucionar des de les seves comprensions als formalismes propis de la disciplina.
- Adonar-se de què és important sobre els fets i fenòmens científics. Requereix coneixements específics de la disciplina i que els alumnes poden no conèixer encara.
- En una instrucció tradicional, no es fan explícites les estratègies necessàries per guiar la generació de sentit i els alumnes necessiten suport per adquirir-les.

Orientació de les ajudes i estratègies d'ajuda a l'aprenentatge

A continuació exposem les orientacions o guies que Quintana i col·laboradors (2004) han identificat per donar suport a la *generació de sentit científic* i les estratègies i exemples que proposen des de la tecnologia per assolir-les:

a.1) Utilitzar representacions i llenguatge específic de la disciplina que facin de pont per a l'aprenentatge

- Facilitar organitzadors conceptuals visuals per donar accés i interaccionar amb el *software* de manera que es promogui un pensament profund sobre els conceptes i l'estructura de la ciència. Per exemple: mapes conceptuals i representacions visuals de demostracions. A la Figura 12 es mostra l'Energy Skate Park (Podolefsky, Moore & Perkins, 2014) on els alumnes poden modificar les variables que afecten al moviment, en aquest cas el desplaçament amb monopatí, a partir de la visualització dels efectes de la modificació de variables.

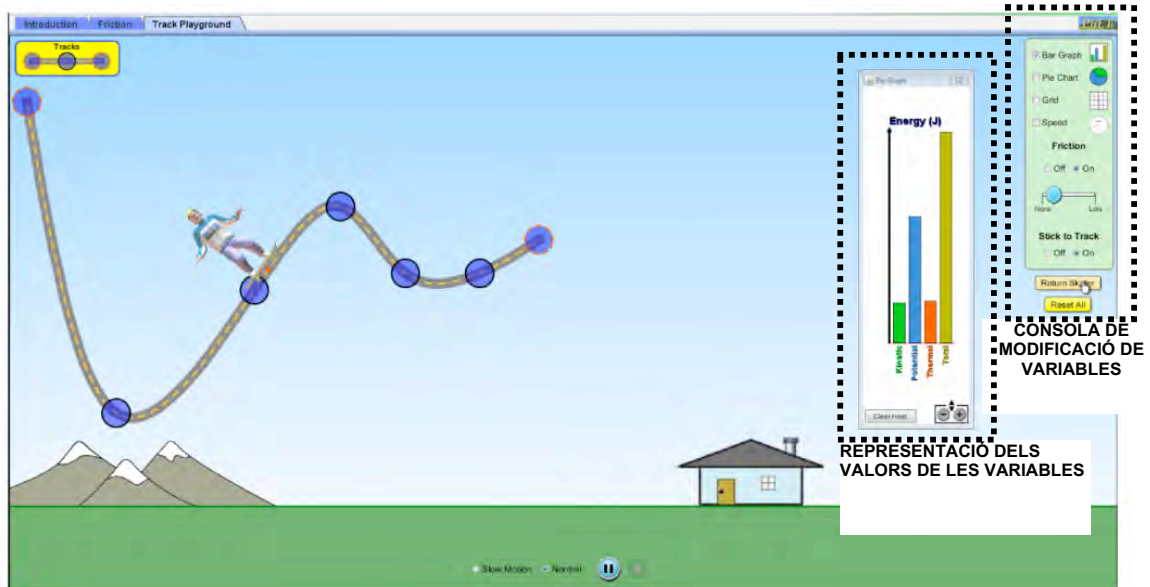


Figura 12. Editor del Energy Skate Park (Podolefsky et al., 2014, p.21) que permet als alumnes identificar relacions entre variables

- Un altre exemple és a WISE en una unitat sobre termodinàmica (Chang & Linn, 2013). Tal com es mostra a la Figura 15, es mostren visualitzacions de la dinàmica de les molècules als alumnes per il·lustrar la transferència de temperatura a nivell molecular.

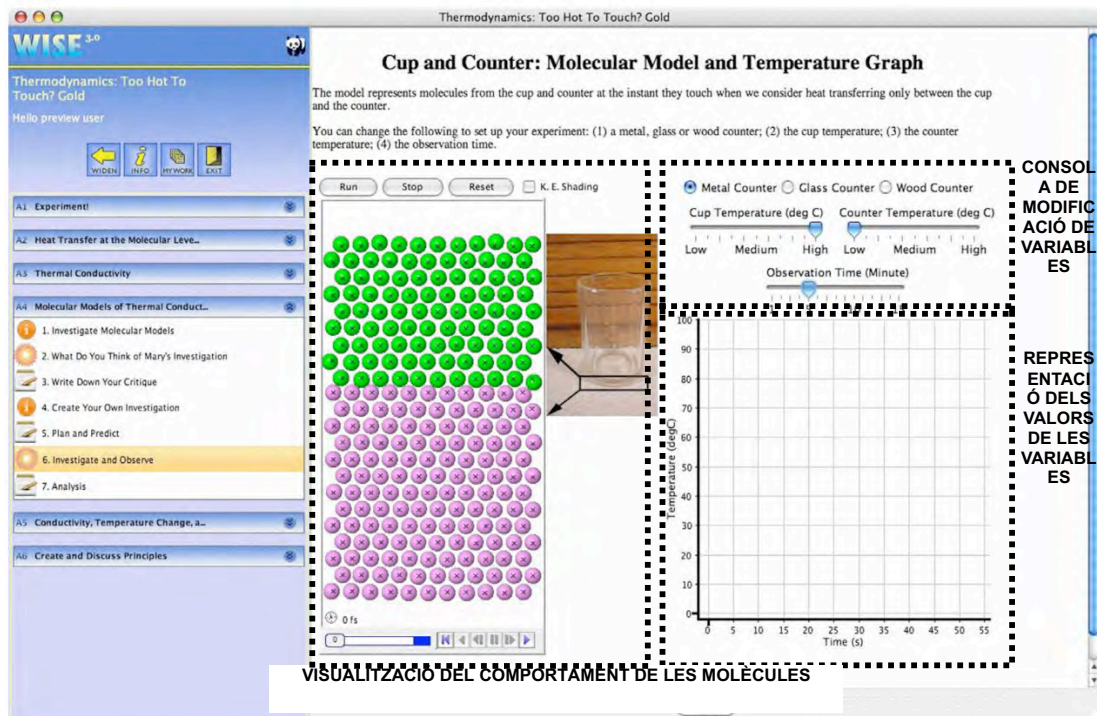


Figura 13. Visualització integrada a la unitat de termodinàmica a WISE (Chang & Linn, 2013, p.860)

- Utilitzar descripcions de conceptes complexos que els alumnes han de construir a partir de les seves idees intuïtives o preconceptes. L'ús de diferents representacions i llenguatges propis de la disciplina per ajudar als alumnes a connectar els constructes i la terminologia als seus preconceptes i a les seves experiències diàries. Per exemple: xarxes causals que codifiquen relacions entre variables que els alumnes poden representar o explorar, on es substitueixen les expressions quantitatives amb un llenguatge qualitatiu quan els alumnes estan construint les relacions entre variables, com també es pot veure a la Figura 12 quan es mostra la representació gràfica de les dades numèriques de les simulacions.
- Integrar guiatge expert per ajudar als alumnes a utilitzar i aplicar el contingut científic i progressar del coneixement intuïtiu al coneixement expert. Els exemples són: pistes amb contingut expert, com ara una pista que suggereixi a quina part del diagrama es poden centrar els alumnes per treballar un problema de geometria o física. També es podrien oferir exemples als alumnes que mostrin com pensen els experts sobre una qüestió científica, mostrem KIE a la Figura 14 (Bell & Davis, 2000). En aquest cas, la guia de la "Mildred" conté diferents tipus de pistes per ajudar als alumnes a comprendre el contingut científic. També conté indicacions anticipades per ajudar en la planificació de la tasca.

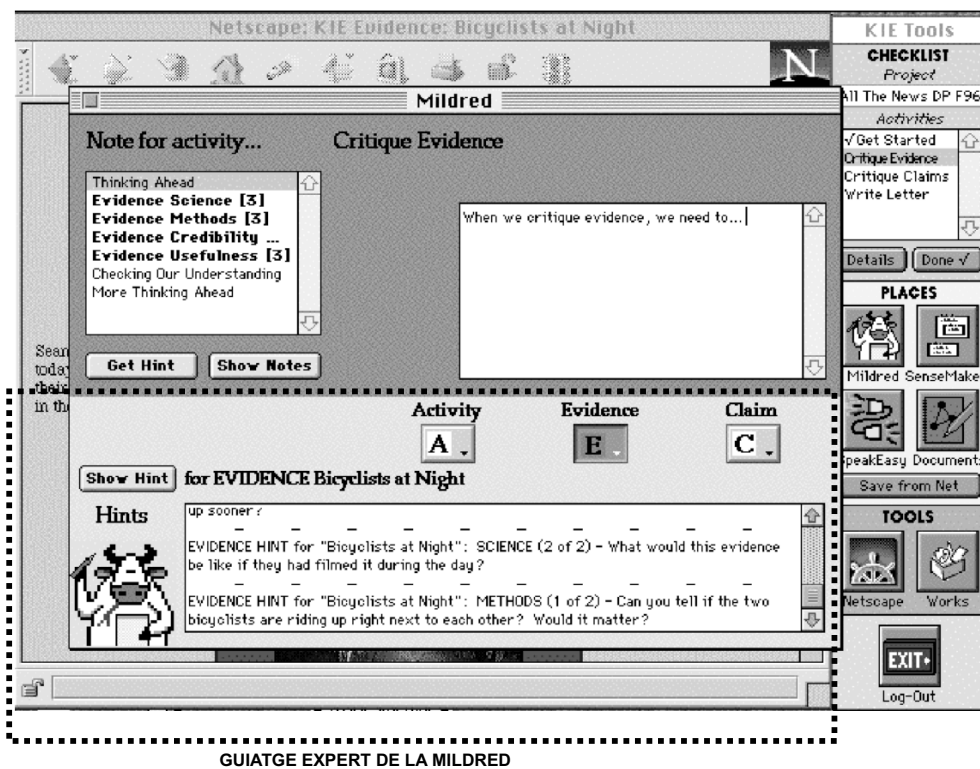
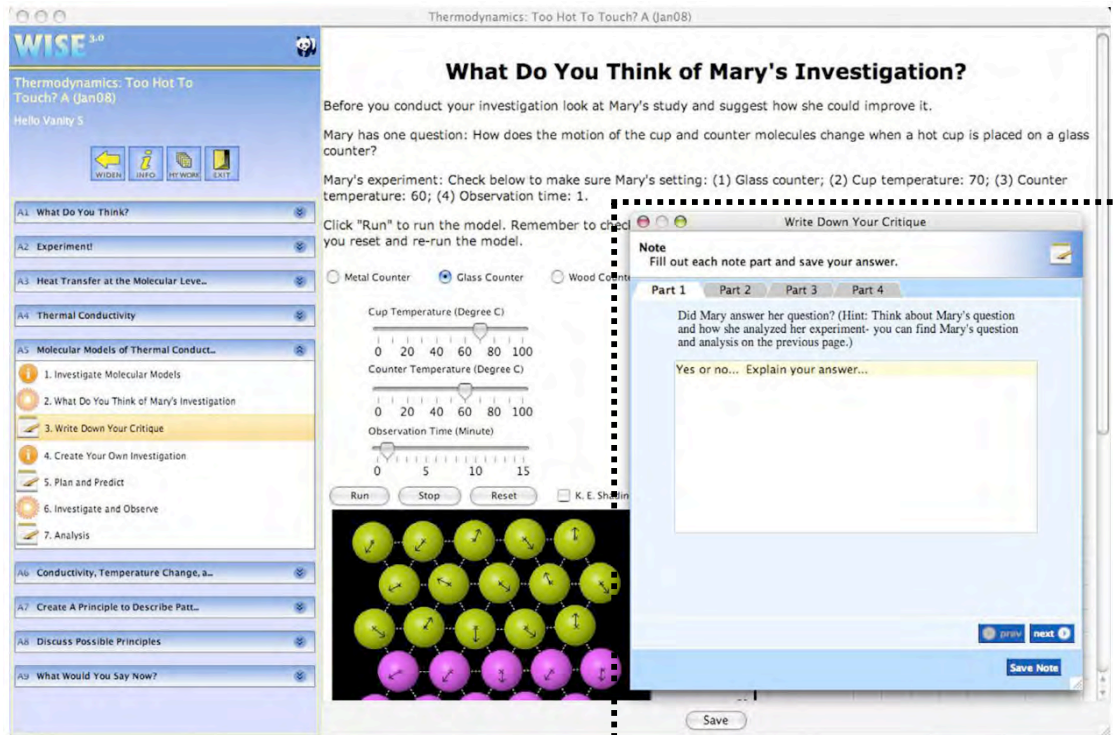


Figura 14. "Knowledge Integration Environment" (KIE) (Quintana et al., 2004, pàg. 350)

a.2) Organitzar les eines i els artefactes al voltant de la semàntica de la disciplina. Amb aquesta orientació es pretén ajudar els alumnes suggerint-los estratègies específiques per a la resolució de problemes científics que poden adquirir.

- Explicitar estratègies pròpies de la ciència en les interaccions dels alumnes amb l'eina. Amb aquesta ajuda es pretén fer visible el pensament dels alumnes facilitant-los els passos que necessiten fer al seu treball. Per exemple: oferir als alumnes les dades o variables organitzades conceptualment i que ells puguin accedir a aquelles que són rellevants i modificar-les per poder

identificar patrons explicatius. En aquest cas, els alumnes poden fer comparacions longitudinals i transversals entre aquestes variables, que a la vegada els forcen a decidir quina comparació volen fer i els ajuden a focalitzar en els aspectes profunds de les dades i no es queden només a nivell superficial. Per exemple, Chang i Linn (2013) en el desenvolupament d'un projecte sobre termodinàmica a WISE proposen als alumnes jutjar i avaluar de manera crítica i fonamentada els arguments d'altres alumnes. S'il·lustra aquest exemple a la Figura 15.



GUIATGE EN ELS PASSOS PER CONSTRUIR UNA CRÍTICA FONAMENTADA ALS ARGUMENTS D'ALTRES COMPANYS

Figura 15. Activitat de crítica i avaluació a WISE sobre l'experiment de la Mary (Chang & Linn, 2013, p.865)

- Explicitar estratègies pròpies de la ciència en els artefactes que creen els alumnes. En aquest cas, les eines donen suport perquè els alumnes estructurin el seu pensament a partir de codis que posin de relleu les idees de la ciència o les distincions entre aquestes. Per exemple: estructurar la pantalla de la plataforma de manera que es demani als alumnes fer una anàlisi crítica per distingir entre les seves observacions i interpretacions, com es mostra a la Figura 16. A la plataforma "Animal Landlord" (Smith & Reiser, 1998) s'ajuda als alumnes a estructurar i registrar les seves anàlisis sobre el comportament animal en una taula (artefacte) que codifica les observacions i interpretacions del comportament del camaleó. Es facilita als alumnes una graella de registre de comportament.





chameleon		
Actions	Observations	Interpretations/Questions
 Extend tongue 1 s	the chameleon was extending it's tongue to eat	why was it extending its tongue? why was it looking at something else?
 Failed prey capture 1 s	the chameleon failed to capture the prey!	why did it fail to capture prey? why did it look around after it failed to capture prey?
 Search 9 s	searching around for another cricket!	why was it looking for another cricket?
 Extend tongue 43 s	extending tongue to try to capture prey again!	why did it extend its tongue again?

Figura 16. Graella de registre del comportament de la Plataforma "Animal Landlord" (Quintana et al., 2004, pàg. 353)

Les ajudes que es plantegen en aquesta orientació poden ajudar els alumnes, en primer lloc, a construir el coneixement estratègic necessari per participar en ciència i, en segon lloc, a adquirir un llenguatge científic que els permetrà pensar i discutir les seves idees per construir explicacions científiques.

a.3) Utilitzar representacions amb les quals els alumnes puguin descobrir propietats subjacents importants de les dades. Típicament l'accés als fenòmens científics està mediat per la creació i comprensió de representacions com són les taules, gràfics, mapes, plànols, equacions i diagrames i comprendre aquestes representacions sovint no és evident. Amb aquesta orientació es definiran a continuació tres estratègies per ajudar l'alumnat a manipular i explorar les representacions.

- Oferir representacions que revelin propietats subjacents de les dades. En alguns casos es pot solapar amb la segona estratègia de l'orientació 1.1. que proposa utilitzar descripcions per connectar les intuïcions dels alumnes. En aquest cas, es focalitza en proposar als alumnes inspeccionar la representació perquè descobreixin patrons interns i relacions entre variables. Per exemple: oferir als alumnes imatges proporcionades de volums i densitats de diferents materials.
- Permetre als alumnes inspeccionar múltiples perspectives del mateix objecte o dades. Es tracta d'anar més enllà que en el cas anterior a partir de diferents representacions d'un mateix fenomen, on es destaquï a cada representació diferents aspectes o maneres de raonar sobre el fenomen. Per exemple, a eChem (Wu, Krajcik & Soloway, 2002) els alumnes poden fer diferents tipus de representacions d'una mateixa molècula. A Energy Skate Park (Podolefsky et al., 2014), de la Figura 12, els alumnes poden manipular-ne les variables i veure com varien els resultats a la simulació.

- Facilitar als alumnes la manipulació de les representacions. Els alumnes poden manipular directament un aspecte de la representació, com podria ser el valor en una simulació d'una equació. Això pot ajudar a fer els conceptes abstractes més comprensibles. Per exemple, oferir als alumnes la possibilitat de modificar unes variables i veure en una representació gràfica com varien altres variables en funció de les modificacions (per exemple: pressió, temperatura i volum). Metcalf i col·laboradors (2000) mostren com canviar la variable "oxigen dissolt" pot afectar la qualitat de l'aigua.

b) Gestió del procés d'indagació

En aquest component s'inclouen les orientacions que ajudaran a dirigir l'aprenentatge i les estratègies necessàries per controlar i dirigir la investigació en si mateixa.

La gestió del procés d'indagació és complexa donat que no hi ha una única manera de resoldre els problemes científics. Hi ha un ampli rang de possibilitats i activitats que es desenvolupen en una investigació i per decidir-les es tracta d'un procés constant d'anar i venir, de pensar què s'ha fet i definir com continuar. A més, no sempre es pot anticipar amb precisió una manera concreta de resoldre els problemes científics.

Les ajudes a l'aprenentatge que es proposen per a la gestió del procés, es centren en com des de la tecnologia es pot donar suport als alumnes amb la definició d'espais d'activitats de manera que estructurin les tasques, especifiquen quan i com desenvolupar diferents activitats en una investigació científica i donen suport a les tasques rutinàries que no són tan rellevants i poden provocar que els alumnes perdin el focus cognitiu de l'activitat.

Obstacles

Gestionar el procés d'indagació científica suposa diversos reptes d'aprenentatge per als alumnes (Quintana et al., 1999). Per exemple, els alumnes no tenen el coneixement dels experts científics sobre les activitats i procediments de la indagació i, per tant, no saben distingir quines accions són més rellevants i productives (Bransford, Brown & Cocking, 2000). També els manca el coneixement estratègic necessari per seleccionar i decidir les activitats i coordinar la indagació (Bransford et al., 2000). A més, assolir aquests coneixements, que esdevenen el nucli d'allò que s'aprèn, comporta dècades d'experiència (Anderson, 1983). Sense aquest coneixement expert els alumnes es poden perdre en la complexitat de les opcions disponibles, esdevenint difícil dirigir les investigacions.

Per últim, quan es tracta d'indagació *online*, Zhang i Quintana (2012) identifiquen que els alumnes, sobretot els més joves, tenen tres problemes: en primer lloc, no aprofundeixen en el contingut de la informació que troben; en segon lloc, cercant *online* es distreuen i es desorienten, les habilitats de cerca dels més joves sovint són pobres (Kuiper, Volman & Terwel, 2009), i en tercer lloc, els alumnes presenten una autoregulació pobre dels aprenentatges quan aprenen *online*.

Orientació de les ajudes i estratègies d'ajuda a l'aprenentatge

A continuació exposem les orientacions o guies que Quintana i col·laboradors (2004) han identificat per oferir ajudes a la gestió *del procés* i les estratègies i exemples que proposen des de la tecnologia per assolir-les:

b.1) Facilitar una estructura per resoldre tasques complexes

- Restringir una tasca complexa mitjançant l'establiment de límits útils per als estudiants. Es tracta de fer accessible als alumnes la complexitat de la tasca restringint-la a un nivell que puguin focalitzar-se en allò que és realment important. En general, s'ha de reduir la complexitat de les visualitzacions, els exemples o els models (Linn, Bell et al., 2004). Per exemple, es poden pre-seleccionar les dades que es donen als alumnes perquè siguin autèntiques però més manejables reduint-ne la quantitat (per exemple, a WorldWatcher, Edelson, Gordin & Pea, 1999). També es pot oferir una selecció de recursos multimèdia rellevants per resoldre la tasca plantejada, com per exemple el recull de vídeos, mapes, webs, protocols i seleccions específiques d'informació. A la Figura 17 es mostra l'apartat de "Recursos" integrats a la plataforma Metafora en la proposta d'intervenció que es fa amb aquesta tesi i que es descriu a la PART 3- Disseny de la Recerca.

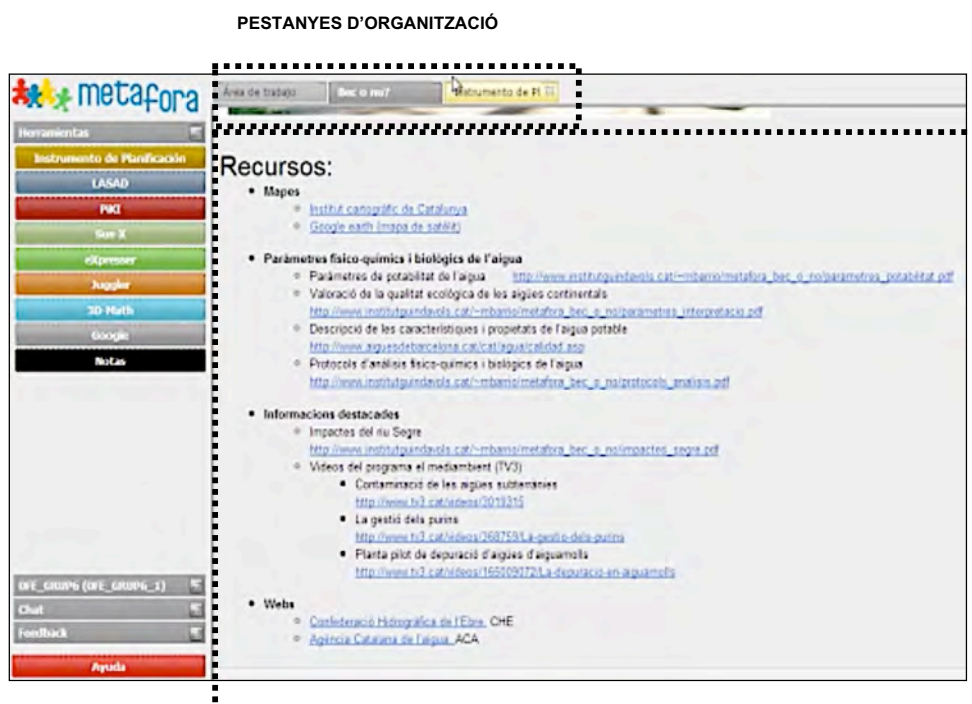


Figura 17. Selecció de recursos multimèdia clau per al desenvolupament del projecte "Bec o no?" inclosos a la plataforma Metafora

- Descriure les tasques complexes mitjançant l'ús de descomposicions de tasques ordenades i desordenades. Les tasques es poden presentar a l'espai de manera ordenada o desordenada. D'una banda, quan es presenten de manera desordenada implica que l'espai de les activitats no estigui connectat i, per tant, els alumnes poden veure les activitats possibles sense estar limitats o predeterminats per una seqüència concreta d'activitats. Aquest plantejament connecta amb un nivell d'indagació oberta. D'altra banda, quan les tasques es presenten ordenades les representacions generalment s'exposen en diagrames de classificació que descriuen processos i els seus constituents per establir els passos i la seqüència necessària per resoldre el problema científic. Per exemple, a KIE (Bell, Davis & Linn, 1995) s'utilitza una llista de control com la de la Figura 18 on hi ha el nom dels processos d'indagació i que els alumnes poden marcar quan ja les han acomplert. D'aquesta manera es fan visibles aquestes activitats i els alumnes poden controlar les que han desenvolupat i les que no.



Figura 18. Llista de control dels processos d'indagació a KIE (Quintana et al., 2004, p.362)

- A IdeaKeeper (Zhang & Quintana, 2012) es facilita als alumnes l'organització dels processos de la indagació en diferents espais, tal com es mostra a la Figura 19. Per aquest fi, a la plataforma Metafora s'ofereixen als alumnes les icones de llenguatge visual de les etapes d'indagació que es presentaran més endavant al Capítol 5. El projecte Metafora.

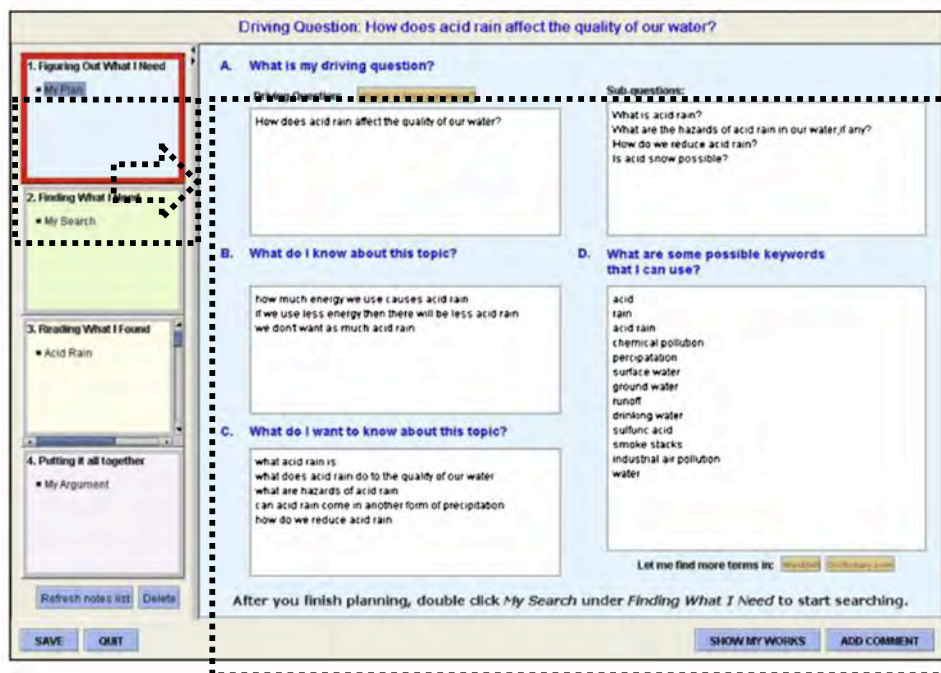


Figura 19. Espai que ofereix IdeaKeeper on els alumnes poden registrar els processos de la indagació (Zhang & Quintana, 2012, p.184)

- Limitar l'espai de les activitats mitjançant l'ús de modes funcionals. Aquesta estratègia es diferencia de l'anterior ja que especifica quines eines del *software* i quan es presenten als alumnes. Limitar i racionalitzar les eines que s'ofereixen als alumnes és clau per a ajudar-los. D'altra banda, els alumnes es poden sentir aclaparats per la situació en la que disposen de moltes eines i possibilitats. Per exemple, a Model-It (Metcalfe et al., 2000) s'ofereix una paleta amb tres components clau de la modelització: planificar, construir i testar. Una vegada els alumnes han

seleccionat el component, la plataforma només habilita les funcionalitats associades a aquell component i els alumnes no tenen accés a les altres. Això simplifica i destaca les opcions rellevants que tenen els alumnes. A Metafora es distingeixen les icones de les etapes de la indagació de les habilitats d'indagació amb un codi de colors, les primeres verdes i les segones blaves.

b.2) Integrar l'assessorament expert sobre els processos d'indagació

- Integrar l'assessorament expert per clarificar característiques dels processos d'indagació. Per exemple, l'assessorament expert pot ser integrat al software en forma de pistes o indicacions que elaborin o clarifiquin diferents aspectes de la pràctica científica, com facilitar criteris o objectius específics que els alumnes necessiten per desenvolupar la investigació. Les preguntes poden guiar l'aprenentatge i els exemples també poden resultar útils. A KIE la Mildred és una guia experta que aporta pistes amb què dona informació o explicacions (Bell & Davis, 2000). D'aquesta manera la Mildred assessora sobre els processos fent aportacions des d'un punt de vista crític sobre les dades, suggerint aquells aspectes que els alumnes cal que parin atenció. D'aquesta manera s'ajuda als alumnes a implicar-se en la indagació. A la Figura 20 es mostra un altre exemple: durant una discussió entre alumnes a la plataforma WISE, en un projecte d'indagació en ciències sobre l'afecció de l'asma, el docent introdueix indicacions per promoure la reflexió (Ben-Horin, Pion & Kali, 2016).



Figura 20. Indicació introduïda per part del docent per promoure la reflexió durant un procés de discussió (Ben-Horin, et al., 2016, p. 7E)

- Integrar l'assessorament expert per indicar els fonaments dels processos d'indagació. Els alumnes necessiten comprendre perquè apliquen i desenvolupen els processos d'indagació concrets a cada moment de la indagació i és per això que cal que en coneguin els fonaments. Per exemple, a KIE, enllaçant amb l'exemple anterior, s'integra el botó "Per què es fa això?" que descriu els fonaments dels diferents processos d'indagació (Davis & Bell, 2001). Un exemple és el projecte "Microorganismes per tot arreu" (del Barrio, Guiral, Pifarré, Font & Martí, 2017) que es desenvolupa a la plataforma web 2.0 de codi obert Cacao. A la Figura 22 es mostra, a la part superior dreta, una indicació generada per part del professor per ajudar als alumnes a construir les hipòtesis.

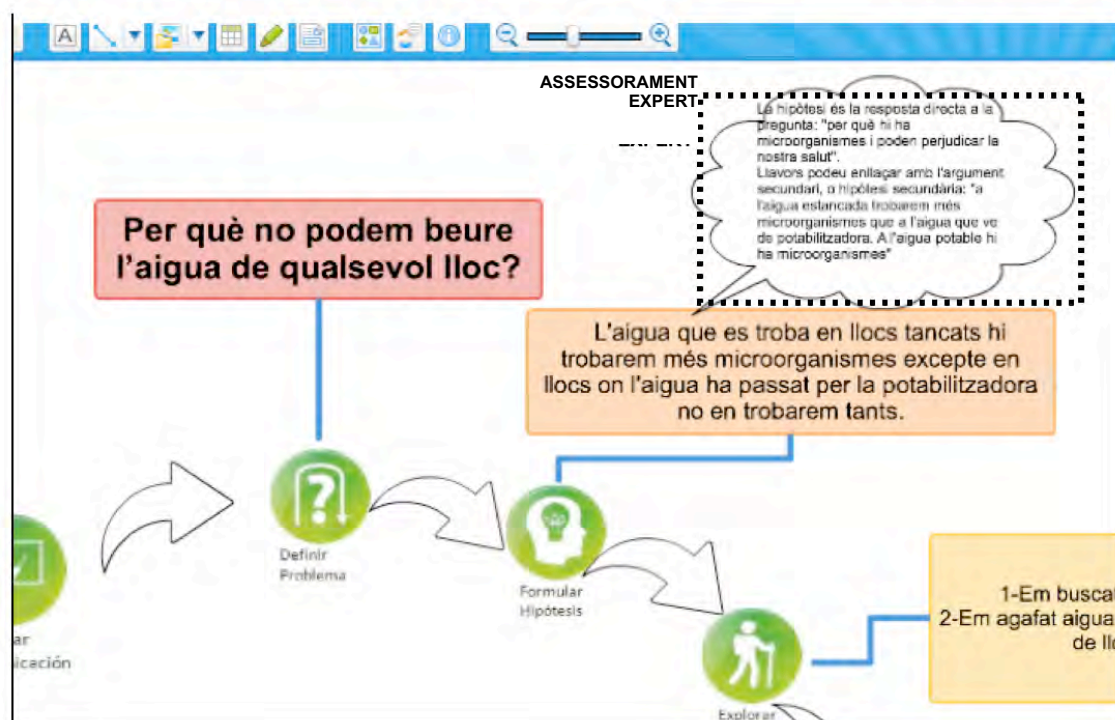


Figura 21. Assessorament expert sobre la construcció d'hipòtesis. Indicació a la part superior dreta. Projecte "Microorganismes per tot arreu" a la plataforma Caco.

b.3) Gestionar de forma automàtica les tasques rutinàries i no rellevants

- Automatitzar parts de les tasques que no siguin rellevants per reduir les demandes cognitives. Amb aquesta ajuda es pretén reduir les distraccions i les tasques no productives, com per exemple a partir de l'automatització de càlculs i generació de gràfics que no es contemplen als objectius d'aprenentatge. A la plataforma dels "Pinsans de les Galàpagos" (Reiser et al., 2001) es generen gràfics automàtics per representar dades que seleccionen aquests i així els alumnes poden focalitzar-se en tasques més rellevants com determinar comparacions apropiades per testar les seves hipòtesis.
- Facilitar l'organització de les produccions dels alumnes. La gestió d'artefactes, com ara conjunts de dades, models, planificacions i notes, és una tasca que sovint requereix invertir temps i esforços cognitius i a què es pot donar suport des dels entorns virtuals d'aprenentatge. Un exemple és al projecte "Microorganismes per tot arreu" (del Barrio et al., 2017) que es desenvolupa a la plataforma de codi obert Caco. Aquesta plataforma web 2.0 ofereix un espai i eines que permeten als alumnes planificar i registrar el treball a partir de la construcció de diagrames que suporten imatges, gràfics i vídeo, com es mostra a la Figura 22.

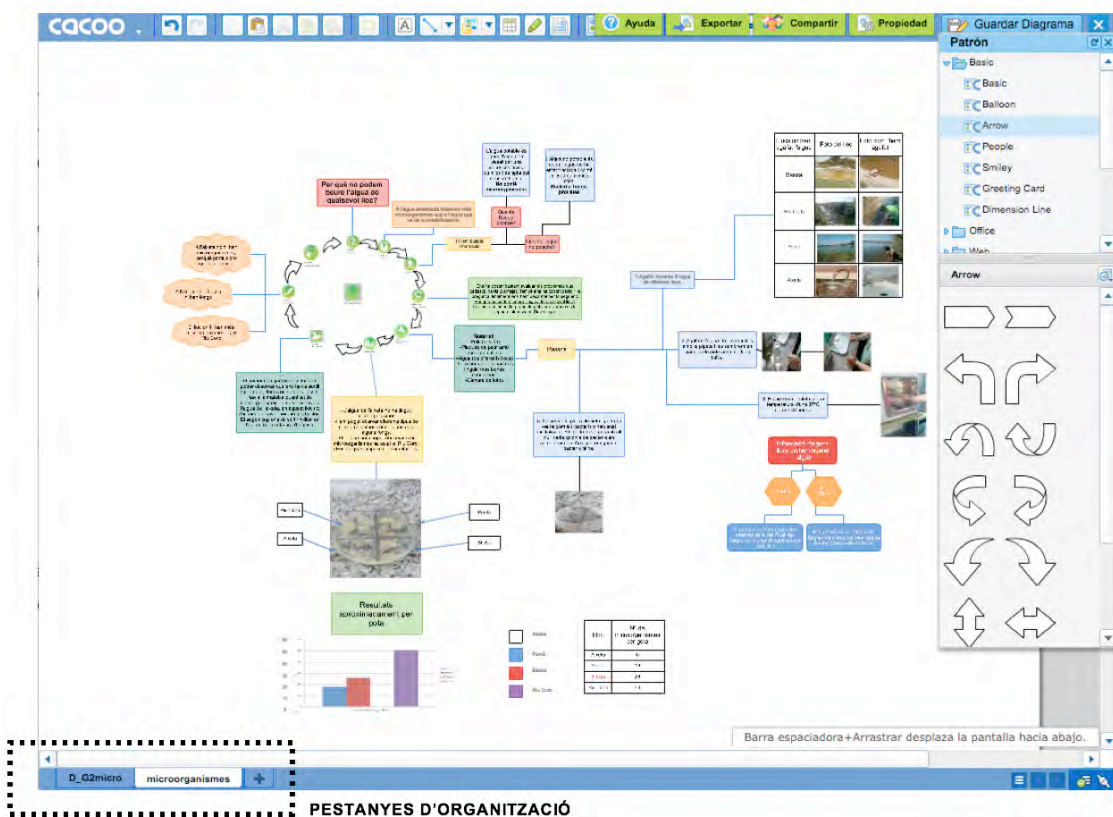


Figura 22. Projecte "Microorganismes per tot arreu" a la plataforma Cacoo, que permet als alumnes construir diagrames

- Facilitar la navegació entre les eines i activitats. Amb aquesta estratègia es pretén que els alumnes puguin navegar amb facilitat per les diferents eines i espais de treball que els ofereix la plataforma. Per exemple, es pot facilitar l'organització amb pestanyes, com podem veure a la part inferior de la Figura 22 a la plataforma Cacoo i a la Figura 17 de la plataforma Metafora, en aquest cas a la part superior. En ambdós casos els alumnes poden obrir nous espais de treball a partir de la generació de noves pestanyes. Les pestanyes permeten als alumnes accedir de manera ràpida als diferents espais de treball.

c. Articulació i reflexió sobre el procés d'indagació científica

L'articulació i la reflexió són orientacions de les ajudes que es dissenyen per donar suport als alumnes amb les orientacions que s'han exposat fins al moment, generació de significat i gestió del procés. Una indagació plantejada des d'una visió discursivocognitiva (Simarro et al., 2013) implica que els alumnes construeixin i articulin arguments per generar explicacions, que al seu torn impliquen processos com revisar, reflexionar, avaluar els resultats, sintetitzar explicacions i jutjar els punts forts i punts febles de les idees pròpies (Davis, 2003a).

La reflexió i l'articulació es tenen en compte en diverses aproximacions metodològiques. Per exemple, en el cas de les ajudes a l'aprenentatge que es dissenyen des del model de la integració del coneixement de Linn, Davis & Eylon (2004b), és específicament que el pensament dels alumnes es faci visible i es promou un aprenentatge per a tota la vida, així com la reflexió. L'autoavaluació reflexiva pot ajudar als alumnes a millorar la comprensió de la seva indagació.

Obstacles

En primer lloc, sovint els alumnes no s'adonen que les idees s'han d'articular i connectar entre elles i, d'altra banda, no saben com reflexionar de manera productiva (Davis, 2003a). És per això que necessiten ajuda per desenvolupar ambdós processos.

En segon lloc, quan els alumnes treballen de manera col·laborativa no sempre els resulta fàcil compartir les idees i arribar al consens.

En tercer lloc, els alumnes tenen dificultats per planificar i controlar les seves investigacions, poden mesurar el seu progrés a partir d'elements superficials. No sempre consideren propostes alternatives a les seves decisions.

En quart lloc, els alumnes tenen dificultats, o no sempre coneixen l'articulació dels productes epistèmics de la ciència. Per exemple: les afirmacions cal que estiguin basades en evidències; les descripcions han d'incloure observacions però no induccions i centrar-se en els aspectes rellevants; les explicacions han de replantejar o expandir idees o conseqüències i han de ser coherents i justificar la connexió entre les afirmacions i les evidències.

Orientació de les ajudes i estratègies d'ajuda a l'aprenentatge

A continuació exposem les orientacions o guies que Quintana i col·laboradors (2004) han identificat per donar suport al *desenvolupament del procés* i les estratègies i exemples que proposen des de la tecnologia per assolir-les:

c.1) Facilitar l'articulació i reflexió a mesura que avança la investigació

- Proporcionar recordatoris i orientació per facilitar la planificació i el control productius. Per exemple Linn i col·laboradors (2004c) ofereixen indicacions que recorden als alumnes quins aspectes del projecte ja han desenvolupat per tal que puguin controlar el seu propi progrés i planificar en funció d'aquest. A Symphony s'inclou un espai de planificació on els alumnes poden veure un mapa del procés de la indagació on es suggereixen activitats o els propis alumnes en poden afegir (Quintana et al., 2002). En el projecte "Microorganismes per tot arreu" (del Barrio et al., 2017), a la plataforma Cacao, els alumnes disposen d'unes icones que suggereixen les etapes de la indagació i que poden integrar en la construcció dels seus diagrames de planificació i registre del seus raonaments i progrés de la indagació per així visualitzar i per tant poder controlar la indagació (veure Figura 22). A KIE i WISE (Davis, 2003a; Davis & Linn, 2000) s'utilitzen les indicacions de "Comprova què has après" i altres indicacions de reflexió més generals per facilitar el control productiu. A SCY-Lab (van Dijk & Lazonder, 2016) en el context d'un projecte sobre les emissions de CO₂ emeses a les llars, es proposa a l'alumnat construir un mapa conceptual per explorar els seus coneixements previs. A continuació, tal com es mostra a la Figura 23, es proposa revisar quatre mapes conceptuais diferents per comparar-los amb el seu propi i han de triar-ne un que els ajudi a millorar el seu. A més, es demana als alumnes que reflexionin sobre el motiu pel qual l'han escollit.

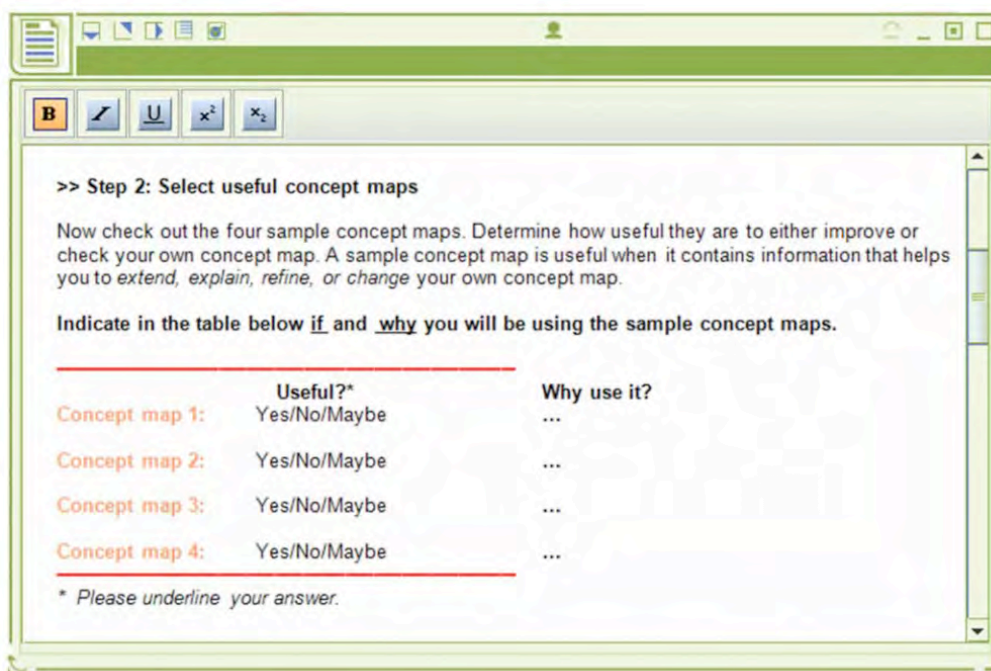


Figura 23. Eina de cerca guiada de SCY-Lab (van Dijk & Lazonder, 2016, p.5)

- Proporcionar recordatoris i orientació per facilitar l'articulació durant la generació de significat. L'articulació de les idees implica donar sentit a les construccions de la ciència que els alumnes estan aprenent. Típicament, els exemples d'ajudes que es donen als ILE per ajudar als alumnes són oferir mecanismes per registrar preguntes, resultats o idees durant la investigació. Tornant a l'exemple, a Cacao, del projecte "Microorganismes per tot arreu" de la Figura 22, els alumnes poden registrar captures de pantalla de pàgines web, resultats d'experiments en taules i fotografies, gràfics, enllaços web, explicacions i vídeos, entre altres. També poden plantejar preguntes i rebre avaluacions per part del professorat. D'altra banda, es mostra a la Figura 24 com a IdeaKeeper (Zhang & Quintana, 2012), es facilita un espai de síntesi on es guia als alumnes per articular i connectar tot el que han descobert sobre els efectes de la pluja àcida a la qualitat de l'aigua a partir de preguntes.

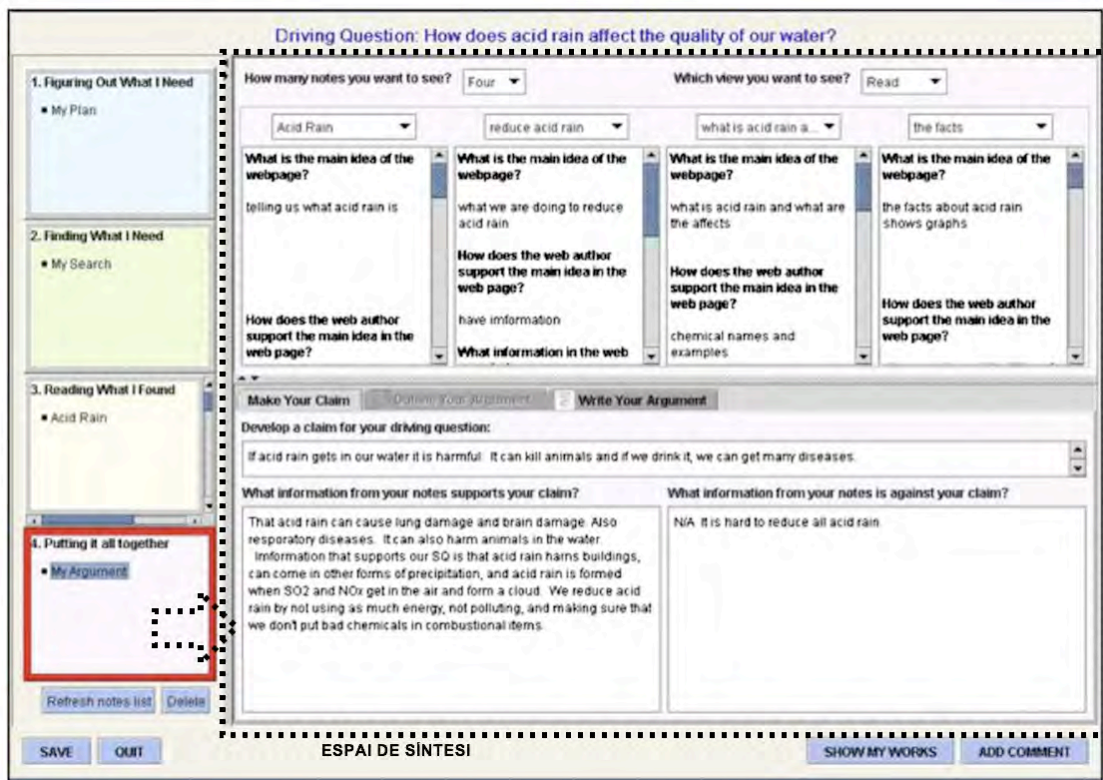


Figura 24. Espai de síntesi de IdeaKeeper (Zhang & Quintana, 2012, p.185)

- Ressaltar les característiques epistèmiques pròpies de la indagació i els productes científics. Les ajudes es poden centrar en diferents aspectes com ara: la comprensió de l'argumentació científica, el procés de connectar les teories científiques amb les evidències, la consideració de la utilitat i la importància de les evidències científiques i la distinció entre observacions i inferències (veure "Animal Landlord" a la Figura 16). Amb aquestes ajudes es contribueix a la metacognició de l'alumnat i això es relaciona amb el fet que aquests són més productius en les activitats cognitives.

Quintana i col·laboradors (2004) van pensar que, si la seva proposta resultava exitosa en futures aplicacions, seria útil en el camp de la recerca dels ILE des de diverses dimensions. En primer lloc, pretenien proporcionar una base que esdevingués un marc comú per desenvolupar una teoria integrada de suport pedagògic integrat a la tecnologia per a l'aprenentatge complex de les ciències. En segon lloc, pretenien proporcionar uns principis bàsics sobre el disseny d'ajudes a l'aprenentatge fonamentat en el coneixement empíric amb la garantia d'uns resultats d'èxit. En tercer i darrer lloc, volien que la seva proposta esdevingués una referència per al disseny de l'acompanyament dels alumnes en l'aprenentatge de les ciències per indagació des dels ILE. Des de llavors han estat molts estudis que fins a l'actualitat prenen de referència la proposta (per exemple: Fang, Hsu i Hsu, 2016; Lazonder & Harmsen, 2016; Hunter, Laursen & Seymour, 2007; Lin et al., 2012; Moore, Chambelain, Parson & Perkins, 2014). Per exemple Lazonder i Harmsen (2016) estableixen una altra classificació dels tipus d'ajudes a la indagació, que presenta grans similituds amb la que hem exposat amb detall de Quintana et al. (2004), per realitzar una meta-anàlisi sobre els efectes del tipus d'ajuda i l'edat dels alumnes. Podolefsky i col·laboradors (2014) també es basen en Quintana i col·laboradors (2004) per construir una caracterització de les ajudes implícites a l'aprenentatge en una simulació interactiva. Fang, Hsu i Hsu (2016) prenen de referència la classificació establerta per Quintana i col·laboradors (2004) per avaluar els efectes de les indicacions implícites i explícites en l'aprenentatge per indagació d'alumnes de secundària en els ILE.

Tanmateix, aquesta proposta té certes limitacions ja que només s'han tingut en compte les ajudes a l'aprenentatge que es donen des dels entorns virtuals. Segons Wu i Puntambekar (2012), una única estratègia d'ajuda a l'aprenentatge no és suficient per ajudar als alumnes a assolir tots els objectius d'aprenentatge. Consideren que les ajudes efectives cal que siguin distribuïdes, integrades, múltiples i poden ser proveïdes per diferents agents com el docent, la col·laboració entre alumnes, les representacions, les eines d'aprenentatge i els materials de la instrucció. D'aquesta manera els alumnes tenen més oportunitats per adonar-se i treure profit de les bastides.

Al Capítol 5. El projecte Metafora farem explícites les ajudes a l'aprenentatge que s'integren al disseny de l'entorn web 2.0 Metafora. A la Part 3 exposarem les ajudes que hem inclòs al projecte "Bec o no?", tant les que són integrades a Metafora com les ajudes que donarà la docent, els companys i els materials relacionats amb l'activitat, així com els externs, a Metafora.

2.2. Ajudes específiques a l'aprendre a aprendre junts en els entorns tecnològics d'aprenentatge que donen suport a la indagació dialògica en ciències

L'àmbit especialitzat en l'estudi de com facilitar la construcció del coneixement de manera col·laborativa en els entorns virtuals és l'aprenentatge col·laboratiu assistit per ordinador (CSCL).

Stahl (2006) afirma que les eines del CSCL poden facilitar un espai per a la comunicació i la construcció del coneixement per possibilitar la col·laboració i en definitiva l'aprendre a aprendre junts. En aquesta línia, Wegerif (2007) afegeix que, per establir una col·laboració productiva, cal desenvolupar, a través de la interacció social, un "espai dialògic". L'autor entén l'espai dialògic com l'àmbit social de l'activitat dins del qual les persones poden pensar i actuar de manera col·lectiva, per obrir un espai on el pensament creatiu i la reflexió esdevinguin entre les persones. Aquest Marc teòric ofereix una nova perspectiva en la consideració del diàleg com a element d'educatiu útil. No només incorpora l'aspecte del pensament crític facilitat per mecanismes de raonament explícits i la construcció del coneixement, sinó també els processos menys visibles, però possiblement més fonamentals, de la reflexió i l'emergència creativa (Pifarré & Kleine, 2011).

Wegerif i Yang (2011b) exposen que s'ha demostrat que els ILE poden afavorir la generació d'un espai dialògic per permetre als individus:

- Exposar els seus punts de vista, preconceptes i connexions entre idees per promoure l'avaluació entre iguals i per tant la metodologia contempla les diferències individuals.
- Identificar els seus propis errors conceptuals i construir el coneixement partint de la consciència d'aquests i així activar processos de metacognició.
- Comparar la nova informació que van incorporant als coneixements que ja tenien sobre el tema i identificar els conflictes entre aquests, fet que facilita l'aprenentatge significatiu, que requereix constància i esforç i la reflexió sobre l'aprendre a aprendre junts.
- Mostrar i desenvolupar les seves habilitats d'indagació en ciències.
- Adquirir habilitats de treball científic.
- Aprendre ajustant-se al seu propi ritme i amb l'ajuda d'altres companys del grup o del docent.
- Guanyar autonomia i autogestió dels aprenentatges.
- Comprometre's mútuament amb els altres membres del grup i per tant coresponsabilitzar-se per resoldre la tasca encomanada en grup. Des del punt de vista del docent, aquest fet es tradueix en un control del grup. Aquesta forma de control és particularment important per als

individus en risc d'abandonar la formació acadèmica obligatòria. Amb una metodologia convencional és fàcil que passin desapercebuts i no rebin les ajudes necessàries.

- Incrementar i mantenir el seu interès per les ciències.
- Aquesta metodologia de treball permet reduir l'ansietat dels alumnes amb dificultats, fet que no facilita una metodologia tradicional expositiva amb tot el grup-classe.

Les orientacions intersubjectives o les maneres de donar resposta a cadascun dels nostres companys d'aprenentatge, són imprescindibles per afavorir l'aprenentatge col·laboratiu i promocionar la zona de desenvolupament col·lectiva (Mercer, 2013). No només és qüestió de planificar, reflexionar en les etapes de l'IBSE o de l'establiment d'uns rols per repartir responsabilitats. També és molt important tenir en compte el compromís i l'actitud envers els altres i la tasca. Totes aquestes són variables implicades en l'aprendre a aprendre junts que hem exposat àmpliament a l'apartat 2.4 sobre la col·laboració.

Pifarré, Cobos i Argelagós (2014) estudien l'efecte de les ajudes a la col·laboració en els entorns d'aprenentatge web 2.0 que tenen per objectiu ajudar als alumnes a prendre consciència del procés grupal de treball. En el seu estudi, demostren que els alumnes que han rebut ajudes específiques a la col·laboració en l'entorn d'aprenentatge CSCL KnowCat, han obtingut uns millors resultats que aquells que no se'ls ha proporcionat ajudes. A més, han demostrat que el fet que els alumnes coneguin aspectes relatius a les intervencions dels companys com el tipus de contribució, on contribueixen i la participació d'aquests (que es mostra a la part de "Awareness console" de la

), té un efecte positiu en el foment de la participació dels alumnes i que aquests orientin la seva conducta i contribucions vers un treball col·laboratiu, i contribueixen en definitiva al canvi de la cultura del grup. A la Figura 25 es mostra una captura de pantalla de l'entorn KnowCat. A la part esquerra de la pantalla s'ubica l'arbre d'organització ("*Knowledge Tree*") del contingut de la tasca al qual els alumnes poden accedir clicant. A la pantalla central es mostra el contingut que s'ha generat a l'apartat de la tasca que s'ha seleccionat al "*Knowledge Tree*". Cadascun dels documents aportats a la tasca s'identifica segons l'autor que l'ha incorporat i es mostra amb una barra segons un codi de colors, la quantitat de contingut que ha estat acceptat pels membres del grup de treball, així com possibles noves aportacions i contingut que ha estat eliminat. A la part inferior, s'ubica la "*Awareness console*" on es mostra informació de la participació dels membres del grup, els usuaris que hi ha registrats, els que estan connectats a la plataforma i les notes que aporten.

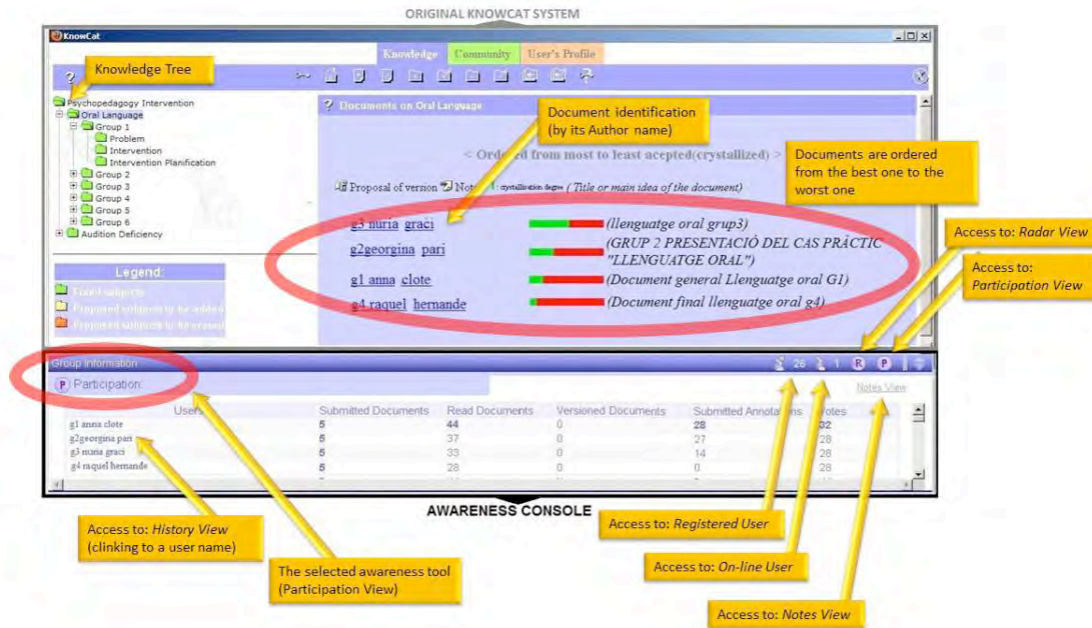


Figura 25. Activitat sobre intervenció psicopedagògica a l'entorn web 2.0 KnowCat. Integració de les ajudes a l'aprenentatge col·laboratiu (Pifarré et al., 2014, p.303)

En aquesta línia, Bodemer i Dehler (2011) estableixen una classificació del tipus d'ajudes a l'aprenentatge que es donen als entorns CSCL i que es centren a fer que els alumnes prenguin consciència de diferents aspectes inherents al procés de col·laboració. Defineixen tres tipus d'ajudes que donen suport a la col·laboració: socials, cognitives i de procediment.

i. Ajudes socials

Informen sobre com els col·laboradors perceben el funcionament del grup. Es centra en facilitar que el grup conegui l'avaluació dels patrons de comportament social com el cooperativisme, la cohesió de grup, la influència o la fiabilitat. Alguns estudis indiquen que els processos socials poden permetre als membres del grup conèixer-se i entendre's entre ells per esdevenir una comunitat d'aprenentatge i esdevenir un millor equip de treball col·laboratiu per resoldre l'activitat (Kreijns, Kirschner i Jochems, 2003).

Per exemple, Phielix, Prins, Kirschner, Erkens i Jaspers (2011) van dissenyar una eina de feedback entre companys (radar), que mostrem a la Figura 26, i una eina de reflexió ("reflector") que van integrar a l'entorn CSCL "Virtual Collaborative Research Institute" (VCRI). Van examinar la incidència d'un entorn CSCL en la percepció del comportament social i cognitiu del grup i en el desenvolupament social i cognitiu del grup. L'estudi va concloure que la combinació de *feedback* entre companys per fomentar la dimensió interpersonal i la reflexió sobre el *feedback* milloren els desenvolupaments grupal i social.

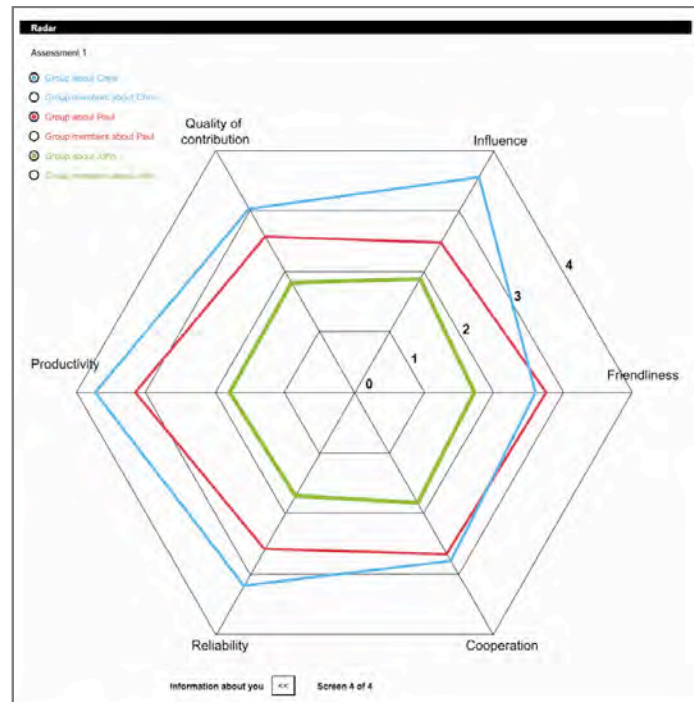


Figura 26. Radar integrat a VCRI (Phielix et al., 2011, p.1093)

ii) Ajudes cognitives

Es relacionen amb el coneixement dels membres del grup. Informen, per a l'autoavaluació del coneixement dels individus i dels companys de grup, el coneixement d'altres membres del grup, el tipus de coneixement aportat per altres o la distribució del coneixement en escenaris d'aprenentatge col·laboratiu.

Per exemple, Dehler, Bodemer, Buder & Hesse (2011) van descriure com facilitar eines que evidencien que el coneixement dels companys ajuda als individus a autoavaluar el seu coneixement, el dels companys i la distribució del coneixement. I van evidenciar que aquest tipus d'eines poden guiar la col·laboració i les accions comunicatives per millorar la gestió de la diversitat de coneixements dels membres del grup per assolir els objectius compartits de la tasca. A la Figura 27 es mostra la integració d'aquestes eines de suport a la col·laboració en un entorn d'aprenentatge on es proposa als alumnes aprendre a partir d'un hipertext sobre el sistema immunitari.

The screenshot shows a learning management system interface. On the left, there is a knowledge visualization tool with a tree structure of topics related to immunology, such as 'unspecific', 'specific-humoral', and 'specific-cellular'. The central part of the screen displays a diagram of B cell activation, with text explaining that antibodies are responsible for specific defense and that B cells detect antigens with their receptors. On the right, there is a section titled 'ÀREA DE COL·LABORACIÓ' (Collaboration Area) containing a list of questions and answers, such as 'B asks: paragraph "complement factors"', 'B explains: paragraph "complement defense"', and 'B asks: paragraph "activation of B cells"'. The interface also includes logos for 'lwm kmrc' and 'Learning partner A'.

Figura 27. Entorn d'aprenentatge on s'integren les ajudes de suport a la col·laboració dissenyades per Dehler et al. (2011, p.170). A la dreta, a dalt, material d'ensenyament-aprenentatge. A la dreta a baix, àrea de col·laboració. A l'esquerra, eina de visualització del coneixement dels companys

iii) Ajudes de procediment

Aquestes ajudes faciliten la consciència dels alumnes sobre les activitats desenvolupades a l'entorn CSCL com ara: què estan fent els participants en un moment determinat, quines tasques han completat fins al moment, on i amb quina freqüència. Un exemple d'aquest tipus d'ajuda és facilitar la visualització d'informació important que pot ajudar als individus a saber què, com i en quina quantitat altres membres del grup contribueixen a l'acompliment de la tasca col·laborativa (per exemple: Jiang, Elen & Clarebout, 2009; Kimmerle & Cress, 2009).

En definitiva, oferir ajudes perquè els alumnes millorin la col·laboració, de manera que prenguin consciència dels aspectes clau que hi influeixen, pot facilitar que els alumnes autogestionin i regulin la dinàmica col·laborativa del grup i que puguin assolir amb èxit els objectius de grup envers la tasca. Tanmateix, tal com suggereix Buder (2011), cal que des de la recerca s'aclareixin aspectes com:

- Quin mètode de visualització del procés col·laboratiu és més apropiat en un context determinat.
- Quina informació s'hauria de mostrar.
- En quins processos col·laboratius s'haurien de centrar les ajudes.

D'aquesta manera s'estarà donant suport als alumnes perquè construeixin un diàleg efectiu amb què construir el coneixement científic.

3. Síntesi

Recentment s'ha presentat la tecnologia web 2.0 com una potent eina per donar suport a l'aprenentatge col·laboratiu de les ciències basat en la indagació. Gillies (2007) afirma que l'aprenentatge per indagació encaixa particularment bé amb els entorns virtuals d'aprenentatge col·laboratiu i els projectes grupals.

Raes i col·laboradors (2014) atribueixen als ILE el potencial per: mediar l'aprenentatge col·laboratiu, actiu i constructiu; fer la ciència accessible i atractiva pels alumnes; donar suport a l'alumnat amb necessitats educatives específiques perquè aprenguin amb èxit, i per superar les metodologies tradicionals de l'ensenyament de les ciències. Per tant, la configuració i disseny d'espais virtuals amb l'objectiu que esdevinguin un espai dialògic per als grups de treball facilita l'aprenentatge dialògic.

L'ús de les TIC, i en particular el World Wide Web, beneficien la instrucció científica per la seva amplitud, flexibilitat i accessibilitat per resoldre preguntes d'interès personal i comparar idees, així com analitzar evidències per contrastar-les amb les pròpies idees (Linn & Eylon, 2011; Slotta & Linn, 2000; Wallace et al., 2000). Wallace, Kupperman, Krajcik i Soloway (2000) afegeixen que la web trenca els límits de l'aula i possibilita als alumnes solucionar dubtes d'interès personal.

Els ILE faciliten la integració d'ajudes a l'aprenentatge dels alumnes que, en el cas que ens ocupa, donen suport a la indagació. Basant-nos en la classificació de referència de Quintana i col·laboradors (2004), hem exemplificat com en diferents ILE es dissenyen els diferents tipus d'ajudes relacionades amb la generació de significat científic, gestió del procés d'indagació i articulació i reflexió del procés d'indagació científica. I a més, els ILE resulten també uns espais apropiats per a la integració d'ajudes a l'aprenentatge col·laboratiu que hem classificat en tres tipus seguint les aportacions de Bodemer i Dehler (2011): ajudes socials, cognitives i de procediment.

És per tot això que hem exposat que els ILE són per a nosaltres una opció d'especial interès per donar forma al nostre model pedagògic que basem en l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació.

Però les ajudes a l'aprenentatge en els ILE no poden ser investigades o no es poden comprendre de manera aïllada, ja que s'estableix una relació d'interdependència entre les bastides, el context, la naturalesa de la tasca d'aprenentatge, les característiques de l'alumne i l'ILE en si mateix. Tots aquests elements influeixen l'autoregulació dels aprenentatges quan els alumnes aprenen en un ILE (Azevedo & Hadwin, 2005).

En un altre ordre de valoracions, volem destacar en aquesta síntesi que una de les principals crítiques que han rebut els ILE és que les plataformes no són obertes. Des de l'informe "Fostering Learning in the Networked World" (Borgman et al., 2008) es suggereix que tant investigadors com dissenyadors haurien de considerar seriosament l'extensió i l'obertura dels ILE. Es proposa que els investigadors desenvolupin la seva recerca en plataformes de codi obert, com per exemple WISE, Questatlands i Whyville. Donnelly i col·laboradors (2014) consideren que tant alumnes, com professors i investigadors es beneficien quan les eines es construeixen en plataformes que ja coneixen i hi estan familiaritzats i que, a més, ja han estat testats els beneficis d'alguns dels seus elements. D'aquesta manera es podrien concentrar els esforços en sostenir i millorar plataformes ja existents enlloc de focalitzar-se en afegir reinencions que ja es sap que funcionen.

Des de la recerca es pot comparar com des de les diferents plataformes es guia el procés d'IBSE i l'èxit de l'aplicació de diferents mètodes per ajudar l'aprenentatge dels alumnes i donar suport a la guia que desenvolupen els professors.

Yeh i col·laboradors (2012) suggereixen que es pot incrementar l'impacte dels ILE millorant el desenvolupament professional dels professors, pels quals és un repte formatiu desenvolupar habilitats per implementar la indagació. La recerca ha evidenciat que això porta temps (Gerard, Varma, Colins i Linn, 2011), però que quan els professors implementen activitats en els ILE milloren les seves pràctiques i habilitats de guiatge de la indagació.

CAPÍTOL 4. LA FORMACIÓ DEL PROFESSORAT DE CIÈNCIES

En aquest capítol es presenta una breu revisió dels aspectes més rellevants per aquesta tesi relatius a la recerca en formació del professorat per educar amb la metodologia de la indagació en ciències. Aquesta revisió servirà per organitzar i dissenyar la intervenció educativa que s'exposarà a la PART 3- Disseny de la Recerca.

Des de diferents fòrums educatius es destaca la necessitat de promoure un canvi metodològic en l'ensenyament-aprenentatge de les ciències (Osborne & Dillon, 2008). Virkström (2008) ha provat que les competències professionals dels docents influeixen en l'aprenentatge dels alumnes, per tant, es considera que incidir en la formació del professorat és un dels punts clau per promoure aquest canvi. D'acord amb Lumpe i col·laboradors (2012), el professorat juga un paper clau en la millora de l'educació ja que exerceix una influència essencial en l'aprenentatge dels alumnes i, a més, els autors consideren que no es pot demanar al professorat que ensenyi d'una manera que desconeix des d'un punt de vista pràctic, tant pel que fa a continguts com a processos científics d'indagació. Posat que el paper del professorat és clau en el procés d'ensenyament-aprenentatge, des de la formació s'han de dur a terme activitats que millorin la seva qualitat docent a través d'accions de desenvolupament professional (Desimone et al., 2007). Tanmateix, a Europa no hi ha una estratègia comuna ni un consens en el disseny dels programes de formació inicial del professorat de ciències entre països i la qualitat d'aquests és inferior a l'esperada. Motivats per aquest fet, Evagorou, Dillon, Viiri & Albe (2015) han desenvolupat un estudi comparatiu dels programes de formació inicial del professorat de quatre països de la Unió Europea (Anglaterra, Finlàndia, França i Xipre) amb l'objectiu de trobar similituds i diferències. Els seus resultats mostren que:

- i. Només els programes de Finlàndia emfatitzen, no només en la pedagogia, sinó també en la recerca educativa. En aquest país amb reconeguts èxits a nivell educatiu, es considera que preparar el professorat amb habilitats de recerca els ajuda a explorar els resultats de la seva tasca docent i així millorar-la. Els programes de Xipre i Anglaterra també inclouen la recerca educativa, tot i que a Finlàndia es treballa amb més aprofundiment.
- ii. És important que hi hagi un balanç entre la pràctica a l'escola i la teoria. Aplicar els coneixements teòrics a l'aula es considera que és clau per a l'aprenentatge. En aquest sentit no tots els països potencien la pràctica de la mateixa manera, essent Finlàndia altra vegada el país que més destaca pel nombre d'hores que els seus futurs docents es formen des de les escoles amb un acompanyament de mentors especialitzats.
- iii. La formació continuada del professorat no és obligatòria en cap dels països que han contemplat al seu estudi. Kempton (2013) considera que és difícil justificar la formació continuada dels docents perquè dubta de la seva continuïtat, caràcter professional i de desenvolupament. Molts autors consideren que això suposa un problema ja que consideren que la qualitat de l'ensenyament és el més rellevant per millorar un sistema educatiu. Evagorou i col·laboradors (2015) proposen que s'estableixi una carrera perllongada de desenvolupament professional continu.

A partir d'aquests resultats, podem concloure que no hi ha una direcció clara sobre quins han de ser els àmbits formatius del professorat a nivell europeu. Segons les aportacions dels autors, convindria formar els futurs docents amb habilitats de recerca perquè aquests tinguin la capacitat d'avaluar la seva pròpia pràctica docent per prendre decisions apropiades sobre estratègies de millora.

També seria convenient destinar més hores a la pràctica als centres educatius, on posar en pràctica els continguts teòrics en escenaris reals. I en darrer lloc, caldria millorar i estandarditzar la formació contínua del professorat.

Com es pot ajudar els futurs docents de ciències a formar-se professionalment per desenvolupar la indagació en ciències? Com s'ha discutit abans, al CAPÍTOL 2. ENSENYAMENT I APRENTATGE DE LES CIÈNCIES BASAT EN LA INDAGACIÓ, en els darrers anys s'està donant molt valor a la metodologia d'ensenyament-aprenentatge de les ciències per indagació (IBSE, de l'anglès "Inquiry Based Science Education") (Dillon & Jorde, 2013) des de les institucions polítiques de molts països, com ara la Unió Europea (European Commission, 2008) o els Estats Units (NRC, 1996 i 2000).

A l'informe TALIS de la OCDE (2009; pàg.21-22) i en un estudi posterior d'Abril, Ariza, Quesada i García (2013), s'ha detectat que, malgrat que el professorat d'Espanya entén l'educació des de la perspectiva constructivista i no com a transmissió directa, les seves pràctiques d'aula estan més en consonància amb pràctiques estructurades i menys orientades a l'alumne.

Des de la Unió Europea s'han impulsat diversos projectes per promoure la implementació de l'IBSE als centres educatius dels diferents països europeus. En el marc del projecte PRIMAS ("Promote inquiry-based learning in mathematics and science at both primary and secondary levels across Europe"), Euler (2011; pàg.28) ha identificat, a partir d'un estudi, que a Espanya més del 50% dels estudiants descriuen les seves classes com orientades al professor i no a l'estudiant.

Davant d'això, des d'aquesta tesi plantejem una metodologia que pensem que contribueix a la formació del professorat en la indagació en ciències. A més, els participants als nostres estudis són docents en formació del Grau d'Educació Primària, però considerem que els plantejaments metodològics que proposem en aquesta tesi són extrapolables a altres nivells educatius com la formació del professorat de secundària, la formació d'adults i l'ensenyament universitari d'àmbit científic.

1. L'actitud i les creences dels futurs docents sobre l'IBSE

Tot i que no és el focus específic d'aquesta tesi, considerem que l'actitud i les creences són aspectes rellevants on la recerca educativa ha posat l'atenció en els darrers anys.

Varis autors constaten que els docents de primària estan sovint influenciats per experiències negatives amb la ciència durant les seves etapes formatives a primària i secundària. I que, a més, això afecta negativament la seva actitud i perdura fins i tot després de la seva formació com a mestres (Palmer, 2002; Sanger, 2008; Tosun, 2000). Aquesta actitud en certa manera dirigeix la seva actuació a l'aula i influencia els estudiants (Ross & Bruce, 2007; Rosenfeld & Rosenfeld, 2008; Lumpe et al., 2012). L'actitud negativa pot afectar la seva autoconfiança en l'ensenyament de les ciències i, com a conseqüència, pot fer que dediquin menys temps a aquesta matèria a la seva aula i que depenguin d'una metodologia d'ensenyament instruccional tradicional (per exemple: Goodrum, Hackling & Rennie, 2001; Jarvis & Pell, 2004). Com a conseqüència, tornarà a iniciar-se el bucle ja que la manera com s'ensenyen les ciències influirà en l'actitud dels alumnes cap al seu aprenentatge (The Gallup Organization, 2008). I és que el bagatge metodològic de referència que té interioritzat el professorat en formació és aquell que correspon a com han après al llarg de la seva etapa formativa, incloent, des del nostre punt de vista, la formació que reben durant la seva formació com a docents. Garrett i col·laboradors (1990) consideren que, malgrat que molts professors no tenen coneixements didàctics

explícitament elaborats, estan marcats per la seva vivència com a estudiants i la seva pròpia experiència com a docents.

D'altra banda, Asma, van der Molen, van Aalderden-Smeets (2011) han mostrat que, tot i que hi ha professors de primària amb una actitud bastant positiva cap a l'ensenyament de les ciències en termes de gaudi i autoeficàcia, sovint trien no ensenyar ciències en el seu currículum perquè perceben falta de temps, materials o altres recursos contextuals.

Des de la recerca educativa en la formació del professorat, les actituds dels futurs docents han estat objecte d'estudi. Abril i col·laboradors (2013) en un estudi a nivell de l'Estat espanyol, on comparen les creences del professorat de ciències en exercici i en formació en relació a la implementació de la indagació en ciències a l'aula, detecten que el professorat en exercici es mostra més resistent al canvi de metodologia i, en canvi, el professorat en formació són més receptius. Detecten que el professorat en exercici es troba amb obstacles d'infraestructura i temps i es dubta de l'efectivitat de la formació contínua. En canvi, detecten que els professors en formació tenen expectatives i confiança que, gràcies a la formació permanent, podran implementar l'IBSE a la seva aula.

En un altre estudi, van Aalderden-Smeets i Walma van der Molen (2015) estudien el desenvolupament professional dels professors de primària de ciències. Han proposat a aquests professors treballar durant un curs escolar en un projecte d'indagació en ciències. Durant aquest temps, els han demanat que reflexionin i prenguin consciència sobre les seves actituds, el cicle empíric de la indagació i els seus coneixements i creences sobre ciències i l'ensenyament de les ciències. Desimone (2009) i van Driel i col·laboradors (2001) han descrit que el seu coneixement i creences sobre la seva pròpia pràctica docent influencien en gran part com els professors perceben i responen als canvis educatius. Aalderden-Smeets i Molen (2015) van demostrar, amb el seu estudi sobre les actituds dels docents envers les ciències i l'educació científica que, malgrat el que anteriorment s'havia descrit sobre l'estabilitat i la dificultat per canviar les actituds dels docents (Ramey-Gassert et al., 1996), aquestes poden ser canviades a partir de la formació teòricament fonamentada i de la reflexió d'una durada de només 6 mesos.

Guskey (2000) i Desimone (2009), entre altres investigadors del camp de la recerca educativa, s'han adonat que durant dècades els estudis sobre desenvolupament professional es van centrar exclusivament en la satisfacció del professorat, el canvi d'actitud o en la responsabilitat d'innovar. Però consideren que cal focalitzar en els resultats o el procés amb què treballen.

Per tant, és imprescindible que es promogui una actitud positiva cap a l'ensenyament de les ciències si el que volem és potenciar l'actitud positiva dels nens i nenes cap a la ciència (per exemple: Desimone, 2009; van Aalderden-Smeets et al, 2015). I malgrat que sovint es creu que les actituds són creences personals estables, van Aalderden-Smeets i van der Molen (2015) han demostrat que es poden canviar.

En aquesta tesi, seguint la proposta de Guskey (2000) i Desimone (2009), ens centrarem a dissenyar i avaluar els resultats d'aprenentatge després que els docents en formació participin en una proposta educativa sobre indagació en ciències. Amb aquesta proposta es facilitaran eines i estratègies per activar el desenvolupament professional dels docents. En darrer lloc, pretenem que la seva vivència d'aprenentatge a partir de la indagació pugui oferir-los eines que el dia de demà els permetran ser capaços d'abandonar altres referències metodològiques precedents que s'ha demostrat que no contribueixen a l'èxit de l'aprenentatge.

2. Desenvolupament professional dels docents per educar amb efectivitat en la indagació en ciències

La indagació no sempre s'implementa a les aules des de l'enfocament correcte. Appelton (2005) i Zembal-Saul (2009) coincideixen que interpretar la metodologia d'indagació en ciències com la implementació d'activitats basades en la visió tecnicomanipulativa en detriment de la discursivocognitiva és molt comú entre els futurs docents. En aquesta línia, Ametller i Scott (2010) a partir de la revisió bibliogràfica sobre propostes de formació del professorat en ciències, tant inicial com contínua, van identificar que poques d'aquestes iniciatives es centaven en el discurs a l'aula. Tot i així, constaten que la importància de la comunicació està àmpliament acceptada actualment per definir una bona pràctica educativa i s'inclou en els programes formatius.

Coincideixen també altres estudis de recerca sobre la formació del professorat que el motiu és que per aquests professors l'objectiu principal és que les classes de ciències siguin divertides (Couso, 2014; Abell & McDonald, 2004). En aquest cas es podria contribuir que l'alumnat tingui una actitud positiva cap a la ciència però seria un plantejament naïf en tant que no s'aconseguirien els objectius formatius i curriculars.

Wenning (2011) considera que el professorat no serà capaç d'aplicar a l'aula la proposta metodològica de la indagació sense una comprensió profunda de la mateixa, tant pel que fa a continguts com habilitats d'indagació, i de les diferents aproximacions metodològiques orientades a l'ensenyament de la indagació, la inducció i la deducció.

Per tal que els futurs professors es desenvolupin professionalment, Abril i col·laboradors (2013) han definit tres grans conjunts de coneixements que cal que assoleixi el professorat:

- **Coneixement del contingut (CK, de l'anglès "Content Knowledge"):** quantitat i organització de coneixement sobre la disciplina en la ment del docent (Shulman, 1986, p.13). Requereix la comprensió dels fets i dels constructes propis de la disciplina. En el cas de l'àmbit de les ciències, el CK inclou que el professor sàpiga connectar i aplicar les habilitats d'indagació (Akerson & Volrich, 2006). També implica conèixer la prioritat i distinció entre idees fonamentals.
- **Coneixement pedagògic (PK, de l'anglès "Pedagogical Knowledge"):** coneixements pedagògics generals, que es diferencien dels específics de la disciplina.
- **Coneixement didàctic del contingut (PCK, de l'anglès "Pedagogical Content Knowledge"):** coneixements pedagògics específics per ensenyar la disciplina. Formen part d'aquest coneixement la construcció d'analogies, il·lustracions, exemples, explicacions, demostracions i les maneres de representar i formular la matèria per fer-la comprensible als altres. També inclou la capacitat de comprendre les dificultats d'aprenentatge específiques i les concepcions dels alumnes. D'una banda el PCK es pot diferenciar en dos aspectes: el primer, de component estàtica, coneixements acadèmics independents de la persona i el context; i el segon de component dinàmica, coneixements, creences i actituds amb implicació i reflexió personal i sobre la pràctica (Hauslein et al., 1992). D'altra banda, Alake-Tuenter i col·laboradors (2013) identifiquen cinc components del PCK: 1) coneixement del currículum; 2) coneixement sobre estratègies instruccionals; 3) coneixement sobre l'avaluació; 4) actituds i creences sobre l'ensenyament de les ciències, i 5) actituds i creences sobre com els alumnes comprenen la ciència.

Segons Shulman (1986), que va contextualitzar el PCK, la intersecció entre el CK i el PCK es considera coneixement especialitzat, que depèn del subjecte i és imprescindible per guiar amb eficiència l'aprenentatge dels alumnes.

Si els docents comprenen la ciència com un conjunt de fets, no valoraran la necessitat de l'aplicació de la indagació a l'aula com a metodologia per ensenyar ciències (Alake-Tuenter et al., 2012). En contrast, Forbes & Davis (2010) aporten que quan un professor comprèn la ciència com una indagació i que el coneixement científic es construeix a partir de la negociació i la indagació, més experiències d'indagació presenten a l'aula.

Segons Kim & Tan (2011), els docents amb un menor CK ensenyen menys ciències i trien exercicis de *paper i llapis* per fer-ho i, per contra, els docents amb un major CK implementen la indagació en ciències a l'aula, tot i que això no només depèn del CK, sinó del PCK (Avraamidou & Zembal-Saul, 2010). Transformar el CK en PCK és on focalitza significativament la formació del professorat (Alake-Tuenter et al., 2013).

Pel que fa al PCK, el professorat en formació té més desenvolupat el component estàtic, que està determinat pel conjunt de coneixements i actituds que té l'individu, i el professorat en exercici la dinàmica. El component dinàmic es genera i evoluciona a partir dels propis coneixements, creences i actituds però varia en funció de diferents circumstàncies (Abril et al., 2013), per exemple: la reflexió del professorat sobre la pròpia pràctica docent, la interacció amb altres professors, la reflexió sobre el propi aprenentatge o les fonts de documentació (van Aalderen-Smeets & van der Molen, 2015). Amb la nostra proposta pretenem oferir un escenari en què els docents en formació puguin desenvolupar el component dinàmic, a partir de la reflexió sobre el propi procés d'aprenentatge i la presa de consciència dels processos d'altres companys i de l'evolució compartida en la construcció del coneixement.

2.1. Perfil professional dels docents per educar en la indagació en ciències

Actualment al nostre país, la formació de mestres d'infantil i primària als respectius Graus d'Educació Infantil i Primària ha de garantir amb quatre cursos acadèmics el CK, PK i PCK. És imprescindible comptar amb els CK que els alumnes han assolit fins a l'etapa d'Educació Secundària i Batxillerat. La formació en ciències que rebran aquests alumnes a la Universitat de Lleida, d'acord amb el Reial Decret pel qual s'estableix l'ordenació dels ensenyaments Universitaris Oficials (RD 1393/2007), és de quinze crèdits obligatoris corresponents al mòdul obligatori d'Aprenentatge de les Ciències Experimentals. Tanmateix, és recurrent que només una minoria dels alumnes accedeixen a aquests Graus a partir d'un itinerari de Batxillerat de ciències o tecnologia.

En canvi, la formació del professorat de secundària es desenvolupa en dues etapes: el CK s'adquireix durant el Grau vinculat a la disciplina determinada i el PK i PCK s'adquireix específicament durant l'any de Màster de Professorat d'Educació Secundària.

Els docents cal que es formin en el desenvolupament de rols professionals relatius a la dimensió interpersonal, pedagògica i organitzacional (Alake-Tuenter, Biemans, Tobi, Wals, Oosterheert & Mulder, 2012) i també en els coneixements didàctics sobre continguts científics (PCK). Aquesta formació implica que els futurs docents esdevinguin **competents**, en el cas que ens ocupa, en l'ensenyament de la indagació científica. Bhattacharayya, Volke i Lumpe (2009) i Lee, Lewis, Adamson, Maerten-Rivera i Secada (2007), opinen que les competències professionals són essencials per a l'educació científica dels alumnes i perquè aquests puguin desenvolupar la comprensió significativa dels

continguts de la ciència i de les habilitats d'indagació, així com l'interès en la ciència. En aquesta línia, Vikström (2008) afegix que el grau de desenvolupament competencial del professorat influencia l'aprenentatge dels alumnes.

Molts investigadors d'arreu del món s'han dedicat a definir les competències que han de tenir els docents per ensenyar ciències amb la metodologia de la indagació (per exemple: Avraamidou & Zembal-Saul, 2010; Eik & Stewart, 2010; Lin, Hong & Cheng, 2009). Prèviament però, es defineix a continuació què s'entén per competència segons la discussió que en fa Biemans i col·laboradors (2009): una competència és la capacitat integrada orientada al rendiment d'una persona per assolir quelcom. Segons Mulder (2007) assolir una competència personal consisteix en el desenvolupament d'estructures de coneixement i cognitives, interactives i efectives que requereixen capacitats psicomotores, actituds i valors per desenvolupar tasques, resoldre problemes i de manera més general, desenvolupar-se amb efectivitat en una professió, organització, posició o rol. Destaquem que el context cultural i social són els llocs on es desenvolupen les competències personals i s'hi s'esdevé un estret lligam. Les competències es poden aprendre, desenvolupar i distingir, tot i que són difícils de separar donada la complexitat de situacions del món real (Mulder, Weigel & Collins, 2006). I per al cas que ens ocupa, Chatenier, Verstegen, Biemans, Mulder & Omta (2010) defineixen les **competències professionals** com el conjunt d'elements essencials que defineixen un perfil professional i que es requereixen per desenvolupar amb efectivitat aquella professió.

A nivell internacional, encara no s'han establert les competències professionals que es requereixen per educar amb efectivitat en la indagació científica. Aquest fet fa pensar que no hi ha un acord clar entre els professionals. Aquesta manca d'acord va propiciar que Alake-Tuenter i col·laboradors (2012) l'establissin com a objectiu per al seu estudi i van definir un perfil professional per als mestres de ciències d'educació primària, a partir de la revisió bibliogràfica de cinquanta-set articles compresos en el període 2004-2011. Posteriorment, alguns dels autors (Alake-Tuenter et al., 2013) publiquen un segon estudi on, a partir de la metodologia Delphi 33, els experts van triar, ampliar i consensuar les competències que Alake-Tuenter i col·laboradors (2012) van configurar a partir de la revisió bibliogràfica. Nosaltres prendrem de referència la proposta final de competències professionals que configuren a l'estudi del 2013. A la proposta validada pels experts, el perfil professional competencial dels professors de ciències per implementar la indagació a les aules s'organitza en tres grups de competències relatives a: coneixement sobre la matèria (SMK) i que nosaltres hem definit anteriorment com CK; coneixement didàctic del contingut (PCK), i elements actitudinals. Seguint aquesta estructura, exposem a continuació la concreció de les competències que defineixen el perfil professional a la Taula 8.

Competències sobre el coneixement del contingut científic (CK)

1. *Coneixement sobre els continguts relacionats amb els sistemes vius, tecnològics i físics; sistemes terra i espai; sistemes matemàtics*
 - 1.1. Comprendre el significat de continguts isolats
 - 1.2. Comprendre la relació entre continguts de:
 - 1.2.1. Diferents subdisciplines de la ciència
 - 1.2.2. La mateixa subdisciplina de la ciència
 - 1.2.3. Subdisciplines de la ciència i altres matèries
 - 1.3. Comprendre quan i com aplicar els continguts
2. **Comprensió de les habilitats d'indagació** (Observar; formular preguntes i prediccions; examinar llibres i altres recursos informacionals per comprovar què es coneix; planificar investigacions, desenvolupar investigacions utilitzant eines per agrupar, analitzar i interpretar dades; proposar respostes, explicacions i prediccions utilitzant les dades; comunicar i justificar els resultats)
 - 2.1. Comprendre el significat de les habilitats d'indagació isolades
 - 2.2. Comprendre les relacions entre les habilitats d'indagació
 - 2.3. Comprendre quan i com aplicar les habilitats d'indagació, utilitzant un manual de suport a la manipulació

Competències sobre el coneixement didàctic del contingut científic (PCK)

1. **Capacitat de disseny pedagògic- Preparació de classes i adaptació al currículum**
 - 1.1. Comprendre i respondre als interessos individuals de l'alumnat, fortaleces, experiències i necessitats per ensenyar continguts i contextos significatius (tenint en compte els coneixements previs, el nivell de desenvolupament cognitiu, l'estil d'aprenentatge i l'interès i comprensió de l'idioma)
 - 1.2. Comprendre i respondre al context: temps, espai, ubicació i materials
 - 1.3. Comprendre i respondre als objectius esmentats al currículum: objectius de final d'etapa i objectius de cada curs
2. **Facilitació d'ajudes als alumnes per completar la indagació**
 - 2.1. Capacitat de preguntar als alumnes per tal que explicitin els seus preconceptes
 - 2.2. Capacitat de preguntar als alumnes preguntes (divergents) sobre continguts i fomentar i donar ajudes perquè apliquin els coneixements
 - 2.3. Capacitat de fer preguntes sobre l'ús apropiat de les habilitats d'indagació i fomentar i donar ajudes perquè les apliquin
 - 2.4. Capacitat d'estimular el discurs, els debats i les discussions en petit grup sobre les preguntes de recerca, prediccions, solucions i explicacions
 - 2.5. Capacitat de discutir i/o visualitzar el pensament de l'alumnat (inclosos els errors) per generar discussions d'aula per activar processos metacognitius
3. **Avaluació i valoració dels professors**
 - 3.1. Capacitat de connectar nous coneixements i la comprensió dels coneixements previs
 - 3.2. Capacitat de connectar nous coneixements i la comprensió del context de la vida real
 - 3.3. Capacitat de connectar nous coneixements i la comprensió dels conceptes generals de la ciència
4. **Actitud dels professors cap a la ciència**
 - 4.1. Actitud cap a l'ensenyament de la ciència
 - 4.2. Actitud cap als alumnes i l'aprenentatge de les ciències

Competències actitudinals

1. **Actituds cap a la ciència**
 - 1.1. Importància de la ciència per a la societat, dia a dia dels alumnes i el medi ambient
 - 1.2. Plaer
 - 1.3. Naturalesa de la ciència
 2. **Actitud sobre un mateix com a professor de ciències**
 3. **Actituds sobre el desenvolupament de la competència científica i de l'ensenyament de la ciència**
-

Taula 8. Perfil competencial del professorat per educar amb efectivitat en la indagació científica. Adaptat de Alake-Tuenter et al. (2013)

Educar els alumnes de primària en la indagació en ciències és una tasca complexa que requereix d'un ric i ampli desenvolupament de competències per part dels docents. Eick i col·laboradors

(2005) suggereixen que requereix temps i pràctica abans que els professors es sentin còmodes i tinguin èxit. Però és indispensable que els docents guïïn als alumnes en la indagació per assegurar l'èxit de l'aprenentatge i prevenir o ajudar als alumnes a corregir els errors, completar i organitzar els aprenentatges. Luera, Moyer i Everett (2005) consideren que els professors han d'utilitzar les seves competències referents a CK i PCK per reaccionar a les dificultats de l'alumnat i donar-los ajuda.

Desimone (2009) i van Driel i col·laboradors (2001) consideren que reflexionar i prendre consciència sobre les seves actituds, el cicle empíric de la indagació i els seus coneixements i creences sobre ciències i l'ensenyament de les ciències són processos i aspectes clau en el desenvolupament professional dels docents.

En aquesta línia, nosaltres plantejarem un escenari d'aprenentatge actiu d'acció i reflexió per a la formació del professorat en la indagació en ciències enlloc d'una instrucció directa. L'aprenentatge actiu es considera un dels elements més influents en el desenvolupament professional dels docents (Desimone, 2009). Davis (2003) assegura que si el professorat en formació experimenta en primera persona metodologies innovadores, tindrà més probabilitats d'aplicar-les el dia que exerceixi a les aules. En la nostra investigació apostem per un model de formació del professorat que involucra els futurs docents en projectes de ciències basats en un model pedagògic que definirem com "*Aprenentatge Dialògic de les Ciències basat en la Indagació*" que considerem coherent i que es fonamenta en aspectes clau d'actualitat en la recerca educativa. Amb aquest projecte pretenem fomentar l'aprenentatge integrat dels tres àmbits competencials que han d'assolir per al seu desenvolupament professional: coneixement del contingut, coneixement didàctic del contingut i actituds. En els estudis que presentarem en aquesta tesi ens centrarem en l'avaluació dels dos primers àmbits, tot i que considerem que amb el model pedagògic que hem definit de manera implícita també fomentem el desenvolupament de competències actitudinals dels futurs mestres que defineixen Alake-Tuenter i col·laboradors (2013).

CAPÍTOL 5. EL PROJECTE METAFORA

1. El projecte

El nostre grup de recerca, CONTIC, va participar durant els anys 2010-2013 al projecte Europeu "Metafora R&D project. Learning to learn together: A visual language for social orchestration of educational activities". Aquest projecte està finançat pel 7é Programa Marc ICT de la Unió Europea.

El projecte Metafora parteix de la necessitat de generar noves pedagogies que comprometin els joves europeus amb les ciències i les matemàtiques (S&M). Sense un coneixement bàsic de S&M, no és possible entendre moltes de les qüestions rellevants a què ens enfrontem, com per exemple l'escalfament global i la modificació genètica. Una manca generalitzada de coneixements sobre S&M converteix l'ideal d'Europa com a democràcia participativa com un ideal inabastable. I les conseqüències d'aquestes mancances comporten que no es desenvolupin els productes necessaris per prosperar en una economia global del coneixement. Per fer front a aquest problema, el projecte Metafora proposa explorar el potencial de l'aprenentatge social per aprendre S&M aportant un llenguatge visual per donar suport *online* als grups per a dissenyar el seu propi aprenentatge conjunt. Per assolir un coneixement profund de qualsevol àmbit del coneixement, els alumnes necessiten integrar les experiències d'aprenentatge per mitjà de reflexions compartides a partir del diàleg, de manera que es faciliti una construcció conceptual acumulativa. Amb el projecte es pretén dissenyar un llenguatge visual per donar suport a la reflexió dels alumnes en el seu aprenentatge tant individual com col·laboratiu i desenvolupar pedagogies adequades per fomentar un entorn tecnològic 2.0 d'aprenentatge (el projecte comprèn el desenvolupament tècnic d'una plataforma que integri eines d'argumentació, diagnòstic i avaluació per donar suport a discents i docents durant la col·laboració i el procés d'aprendre a aprendre S&M).

1.1. Equip humà

Al projecte Metafora hi ha set socis involucrats de cinc països diferents, dels quals cinc pertanyen a universitats, un és un institut de recerca especialitzat, l'"*Institute of Education London Knowledge Lab*" (IOE-LKL) i, finalment, una empresa de desenvolupament tecnològic, *Testaluna*. El grup de recerca Contic ha participat al projecte formant part integral del grup participant de la Universitat d'Exeter (UNEXE) del Regne Unit.

A més, també hi han participat diverses escoles i instituts de secundària dels diversos països dels membres del projecte amb l'objectiu de provar, testar, avaluar i proporcionar evidències com a contextos d'aprenentatge reals.

Els set socis configuren un grup que es complementa per desenvolupar el projecte. L'amplitud geogràfica i institucional que cobreix permeten desenvolupar amb expertesa la dimensió científicotecnològica i de disseny pedagògic del projecte. Recollim tots aquests aspectes a la Taula 9 on, a més, també especifiquem les principals funcions que cadascun dels socis desenvolupa al projecte.

Participant	Country	Role	Main functions
HUJI	Israel	Coordinator & Proj.Mgr. P.P.	General management and coordination. System requirements. Experimentation in Israel. Overall responsibility for dissemination and exploitation-planning.
UNEXE	UK	Pedagogical Manager P.P.	Responsible for coordinating the development and application of pedagogical theory in the project and design studies related to this. Coordination of pedagogical partners.
NKUA/ETL	Greece	P.P. / T.P.	Domain/constructionist tools and diagnostics in the tools. Responsible for activity design, experimentation and assessment.
KUEI	Germany	Technical Manager T.P.	Responsible for the system architecture, framework system, modeling & enactment of learning processes, and system integration
DFKI	Germany	T.P.	Responsible for the development and implementation of the diagnostic and AI components.
IOE-LKL	UK	P.P. / T.P.	- Domain knowledge representation, data collection, and analysis to inform the diagnostic components. - Activity design, experimentation and assessment.
Testaluna	Italy	T.P. / I/C/E.P.	Creation of domain tools. Visual and technological adaptation of existing domain and argumentation tools. Dissemination & exploitation-planning, with emphasis on project's web site.

P.P. = Pedagogical partner - Learning/Cognitive scientist. T.P. = Technology provider (Technical partner).
I/C/E.P. = Industrial/Commercial/Exploitation partner.

Taula 9. Institucions implicades al projecte Metafora i tipus de participació de cadascuna (Drachman, 2009, p.50)

1.2. Objectius

El projecte Metafora es regeix per uns objectius generals que es concreten i desenvolupen en uns objectius específics. S'exposen a continuació:

Objectius generals

- Millorar la comprensió del metaaprenentatge en les comunitats de col·laboració que participen en contextos d'aprenentatge matemàtic i científic.
- Dissenyar un llenguatge visual per donar suport a la reflexió dels estudiants en el seu aprenentatge individual i col·laboratiu.
- Implementar una plataforma que integri eines d'argumentació innovadores en contextos exploratoris.
- Desenvolupar un sistema adaptatiu de diagnòstic utilitzant tècniques d'intel·ligència artificial, que doni suport als estudiants i professors durant la col·laboració i el procés d'aprenentatge a aprendre.
- Desenvolupar pedagogies adequades per fonamentar el disseny de l'entorn tecnològic d'aprenentatge.
- Dissenyar noves formes d'avaluació, que utilitzen el sistema de diagnòstic, per tal d'avaluar els resultats individuals i col·laboratius d'aprenentatge i en un entorn que combina la tècnica i la pedagogia.

Objectius específics

- Desenvolupar una comprensió teòrica del rol de la tecnologia en la integració de les habilitats generals de col·laboració en l'aprenentatge constructivista, o com les eines manipulables poden ajudar a introduir els estudiants en els camps específics de diàleg.
- Desenvolupar un mòdul d'intel·ligència artificial (AI) per donar suport als professors i els alumnes durant les activitats de grup.
- Desenvolupar la visualització avançada que suporta els aspectes de l'epistemologia de la ciència i la comunicació necessària entre els alumnes i entre aquests i els professors.
- Desenvolupar un sistema de diagnòstic que recopili informació sobre l'ús d'eines de domini i d'argumentació al mòdul d'AI.
- Adaptar les eines d'argumentació utilitzades actualment, micromons i simulacions per a l'ús comunal.
- Generar nous coneixements en el metaaprenentatge col·laboratiu de les matemàtiques i les ciències a les aules .
- Utilitzar aquest coneixement per al disseny de la plataforma Metafora.

2. La plataforma Metafora

Metafora és una plataforma web 2.0 que combina el suport a la col·laboració i elements propis dels ILE per facilitar la indagació en ciències i matemàtiques. És una plataforma experimental que ha estat específicament dissenyada per un equip d'informàtics sota les directrius del projecte i per desenvolupar i possibilitar les investigacions que els diferents membres del projecte realitzem. L'objectiu del projecte no és el disseny de la plataforma en si mateixa per acabar esdevenint una plataforma pública de treball, sinó que es pretén generar coneixement per al desenvolupament de plataformes que vagin a càrrec d'institucions.

Presentem a la Figura 28 la plataforma Metafora, a la que accedeixen els alumnes amb *logins* o comptes de grup per treballar en la construcció de mapes per solucionar reptes.

Aquesta plataforma incorpora tant eines d'aprenentatge com d'arquitectura comunicativa per donar suport a l'aprenentatge dialògic de les S&M per indagació. Les set funcionalitats bàsiques que s'integren a la plataforma són: el repte; l'eina de planificació; l'eina de planificació; les eines de discussió, el xat i LASAD; les eines d'*awareness*, l'eina de seguiment, la de notificacions i la de reflexió, i finalment els micromons (Sus-X, eXpresser...) que esdevenen diferents escenaris contextualitzats en diferents activitats o projectes de ciències o matemàtiques dissenyats i implementats en varis països pels investigadors del projecte Metafora. Els alumnes poden accedir a aquestes funcionalitats a la part esquerra de la pantalla i les activitats que tenen obertes s'organitzen en pestanyes a la part central superior, com per exemple l'eina de planificació que es mostra a la Figura 28.

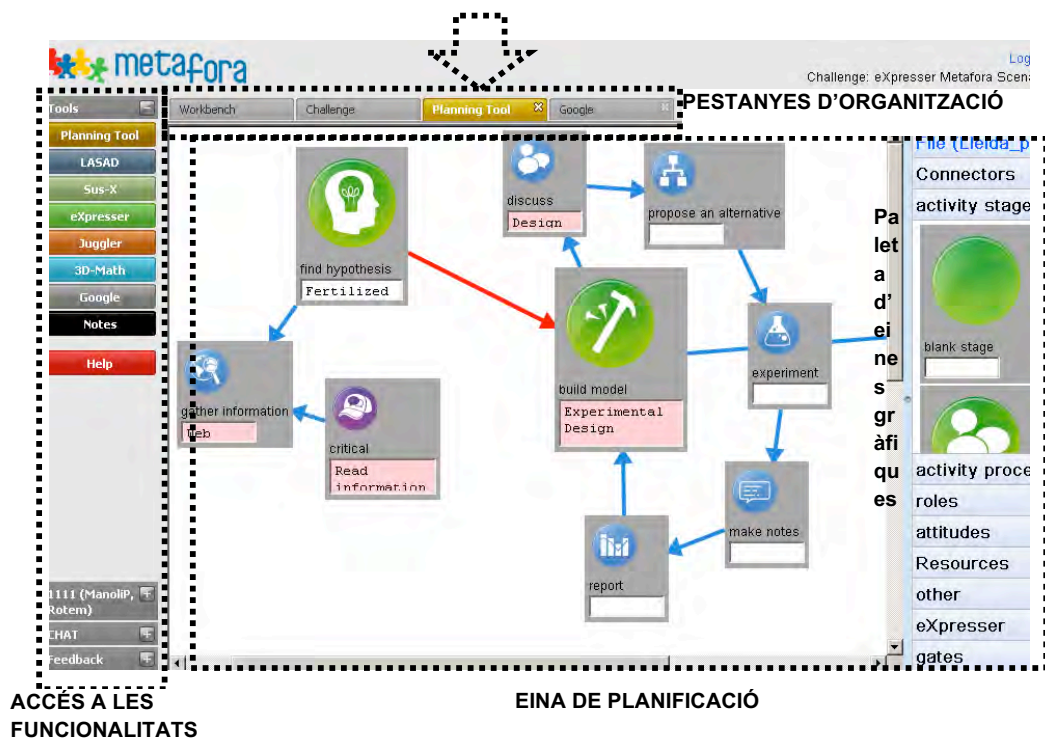


Figura 28. Captura de pantalla de la presentació de la plataforma Metafora

A la pàgina de planificació, que es mostra a la Figura 28, així com a la de LASAD, els alumnes disposen d'un espai en blanc on poden construir i enllaçar les seves idees configurant mapes visuals. A la part dreta de la pantalla es desplega una paleta d'eines gràfiques que han estat dissenyades amb l'objectiu d'ajudar els alumnes en l'articulació de les idees. Per al disseny d'aquestes ajudes s'han tingut en compte els tres components de la indagació que proposen Quintana i col·laboradors (2004): generació de significat científic, gestió i articulació i reflexió sobre el procés d'indagació, que hem definit al Capítol 3. Amb aquestes eines també es pretén fomentar la col·laboració, des de la perspectiva de l'aprendre a aprendre junts, ja que constitueixen ajudes cognitives socials i de procediment, segons la classificació d'ajudes a la col·laboració de Bodemer i Dehler (2011).

Finalment destaquem que Dragon, Mavrikis, i McLaren (2013) recullen a la Figura 29 la correspondència entre les ajudes a l'aprenentatge integrades a Metafora i les variables clau en l'aprendre a aprendre junts que hem revisat a l'apartat 2.4 del Capítol 1. A més, també es representa de dalt a baix l'ordre amb què els alumnes progressen en l'avenç de la tasca i, per tant, la successió de l'ús de les eines en termes generals.

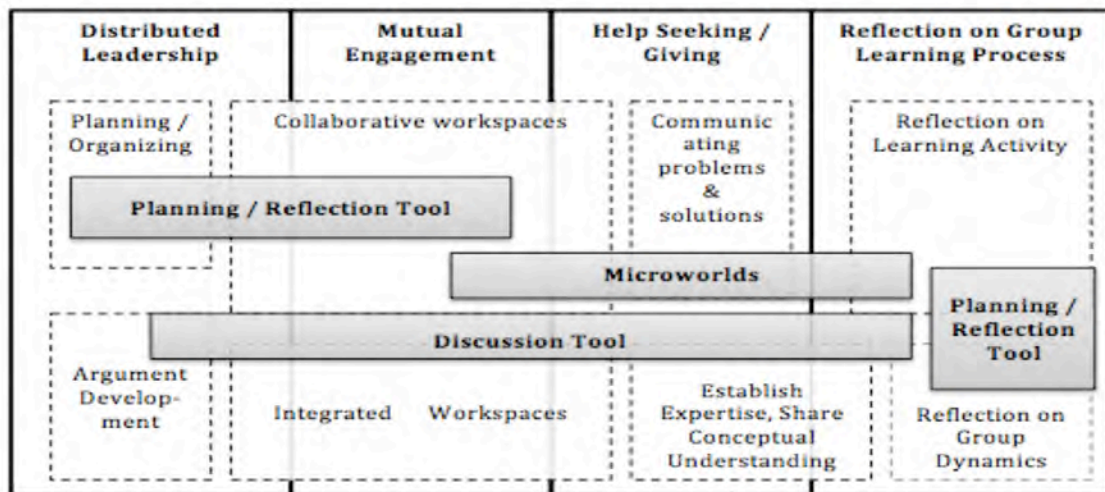


Figura 29. Relació entre les variables clau del L2L2 i les eines i funcionalitats integrats a la plataforma Metafora (Dragon et al., 2013, p.16)

A continuació s'exposen les funcionalitats més importants que ofereix l'entorn tecnològic Metafora per ajudar als grups col·laboratius a aprendre a aprendre junts ciències i matemàtiques per indagació.

2.1. Les ajudes a l'aprenentatge de la plataforma Metafora

2.1.1. El repte

La metodologia de l'aprenentatge basat en reptes va ser impulsada pel personal educatiu d'Apple Inc. Aquesta metodologia es basa a: proposar als alumnes contextos significatius per generar aprenentatge; connectar diverses disciplines, diversos enfocaments i diverses possibles solucions, i tot això focalitzat en el desenvolupament de les habilitats per al segle XXI (Johnson & Adams, 2011).

El projecte Metafora incorpora els objectius de l'aprenentatge basat en projectes, que s'inicien a partir del plantejament de reptes. Quan es comença una activitat Metafora, els alumnes es distribueixen en grups i reben un repte de ciències o matemàtiques, que és relativament complex. Aquest repte està formulat de tal manera que els alumnes han de planificar l'abordatge per resoldre'l per arribar a una solució dins el termini de temps estipulat. Després de fer aquesta planificació, el grup endega diverses repeticions d'un procés d'interacció que implica discussió i la conseqüent revisió de la planificació fins que els membres del grup arriben a una solució.

Solucionar el repte esdevé l'objectiu principal que el grup comparteix. Briggs i col·laboradors (2009) defineixen que els objectius són una variables clau a tenir en compte a l'hora de dissenyar entorns tecnològics d'aprenentatge que donin suport a la col·laboració. La col·laboració es defineix com un esforç compartit orientat per un o més objectius (Briggs, Vreede & Nunamaker, 2003) que mantenen la motivació, la formació del grup, la responsabilitat de grup, la productivitat i la satisfacció entre altres (per exemple: Hahn, Moon & Zhang, 2008; Wheelan, 2009).

És per això que proporcionar un repte als grups esdevé en si mateix una bastida a l'aprenentatge que contribueix a facilitar la col·laboració i a definir i acotar una referència per al treball sobre una tasca científica complexa, que es relaciona amb les ajudes sobre el component de gestió del procés d'indagació que aporten Quintana i col·laboradors (2004) i que hem exposat a l'apartat 2.1 (pàgina 97) del Capítol 3.

En el marc del projecte Metafora s'han integrat diversos reptes sobre ciències i matemàtiques a la plataforma. En són exemples: *eXpresser*, *eXpresser Train Tracks*, *The Twisted Rectangle*, *Juggler*, *3D Shooter*, *My Sus-city*, *The Eggly Boat*, *eXpresser Bridges*, *Pirates of the Kinematics Island* i *Bec o no?*.

My Sus-city és una proposta d'educació ambiental on es proposa als alumnes el repte de construir una ciutat amb criteris de sostenibilitat.

Amb *eXpresser* es repta als alumnes a dissenyar un patró d'organització de rajoles quadrades de diferents colors a partir de l'ús de regles algebraïques, com es mostra a la Figura 30.

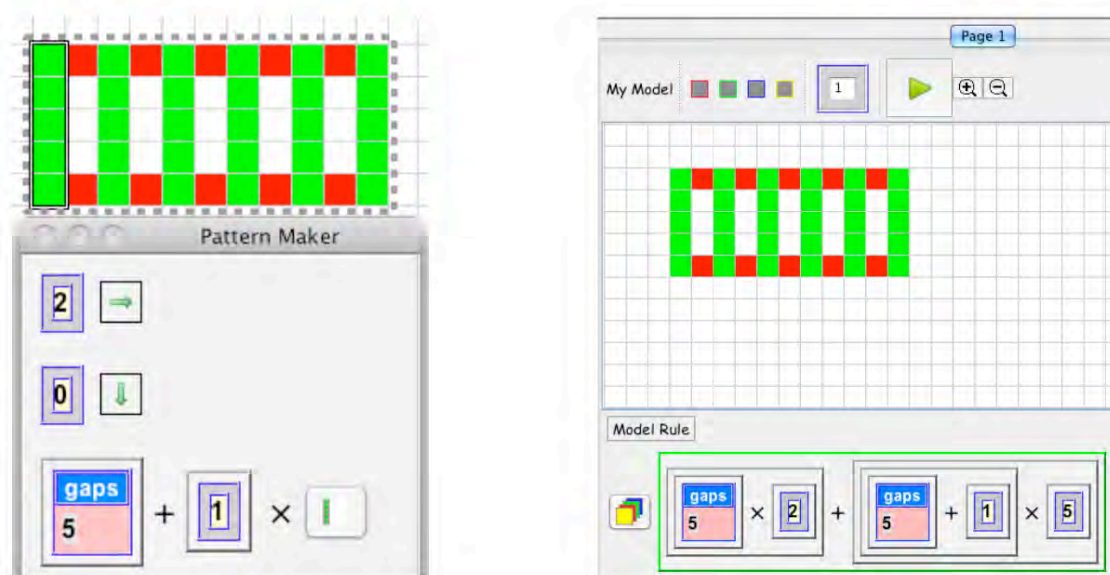


Figura 30. Presentació de *eXpresser*. A l'esquerra, construcció de les propietats del patró verd. A la dreta, regla general per a l'establiment del nombre total de rajoles del model (Dragon, McLaren, Mavrikis, & Geraniou, 2012, p.4)

A *Juggler* es tracta de fer malabars i mantenir les pilotes a l'aire al màxim de tems possible accionant les dues raquetes que es troben a la base de la pantalla per impulsar les pilotes i evitar que toquin a terra. Amb aquest repte es proposa als alumnes construir, a partir del joc, models de moviments i col·lisions en un espai newtonià 2D.

2.1.2. Els micromons

Els reptes poden anar associats o no a micromons, com per exemple *Pirates of the Kinematics Island*, a la Figura 31, on es treballa la física del moviment a partir del llançament de projectils des d'un vaixell pirata cap a una illa per aconseguir tresors. Els micromons són simulacions (Kynigos, 2004; Mavrikis, Geraniou, Gutierrez-Santos & Pearce, 2009) i, per tant, visualitzacions simplificades de

fenòmens científics que permeten la generació de significat a partir de l'observació i que, a més, permeten la manipulació de determinades variables. Segons la classificació de les ajudes a l'aprenentatge de les ciències per indagació als ILE de Quintana i col·laboradors (2004), aquest tipus d'ajuda està orientat a la generació de significat científic i es correspon a l'ús de representacions i de llenguatge específic de la disciplina per tal que facin de pont per a l'aprenentatge.

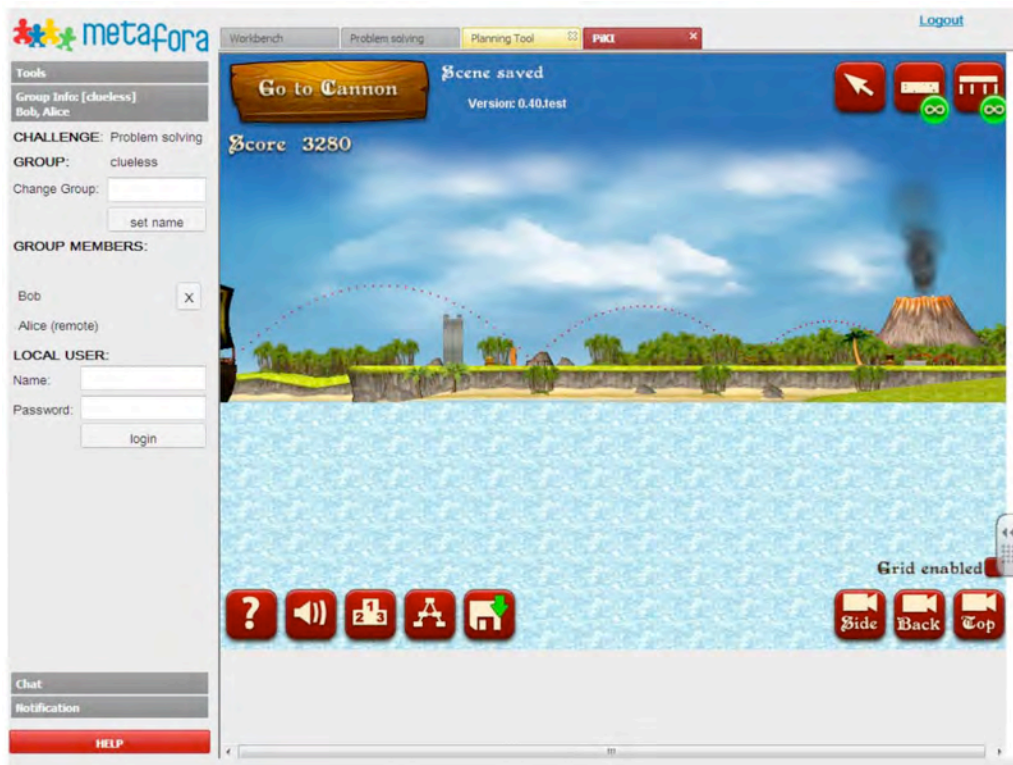


Figura 31. Exemple del micromón *Pirates of the Kinematics Island (PiKi)* a Metafora (Irgang, Sattes, Pfahler, Lingnau & Harrer 2013, p. 13)

My Sus-city és un altre exemple d'aquests micromons. Aquest micromón s'inspira en el popular videojoc *Sim-city* dels anys 90, però en aquest cas es tracta que els alumnes construeixin una ciutat al més sostenible possible. Com es pot veure a la Figura 32, els alumnes poden crear un mapa de la seva ciutat i han de decidir les propietats i característiques dels elements amb què la configuren atribuint-hi uns valors. Aquests valors es corresponen a valors de sostenibilitat dels diferents elements i hi ha unes normes preestablertes que els limiten a uns nivells màxims que en cas que es superin, s'estaran sobrepasant els criteris de sostenibilitat. L'objectiu didàctic d'aquest micromón és que els alumnes reflexionin sobre la sostenibilitat de les ciutats i els estils de vida i la societat del consum (Daskolia & Kynigos, 2012).

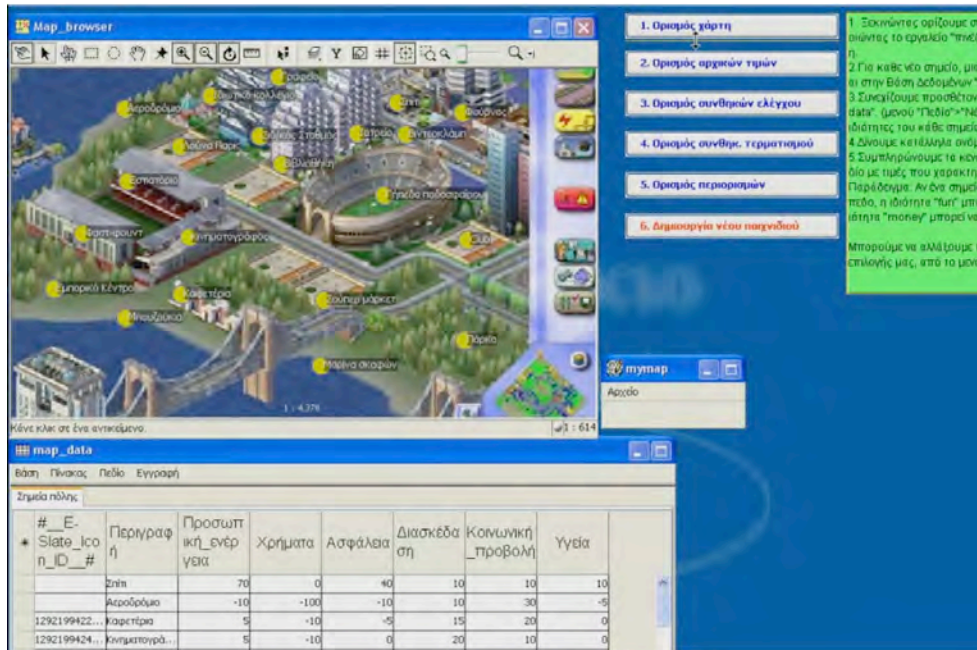


Figura 32. Micromón My Sus-city sobre sostenibilitat (Daskolia & Kynigos, 2012, p. 820)

Per últim, es mostra l'exemple de Juggler a la Figura 33. En aquest darrer micromón els alumnes poden definir les variables per establir les condicions del model.

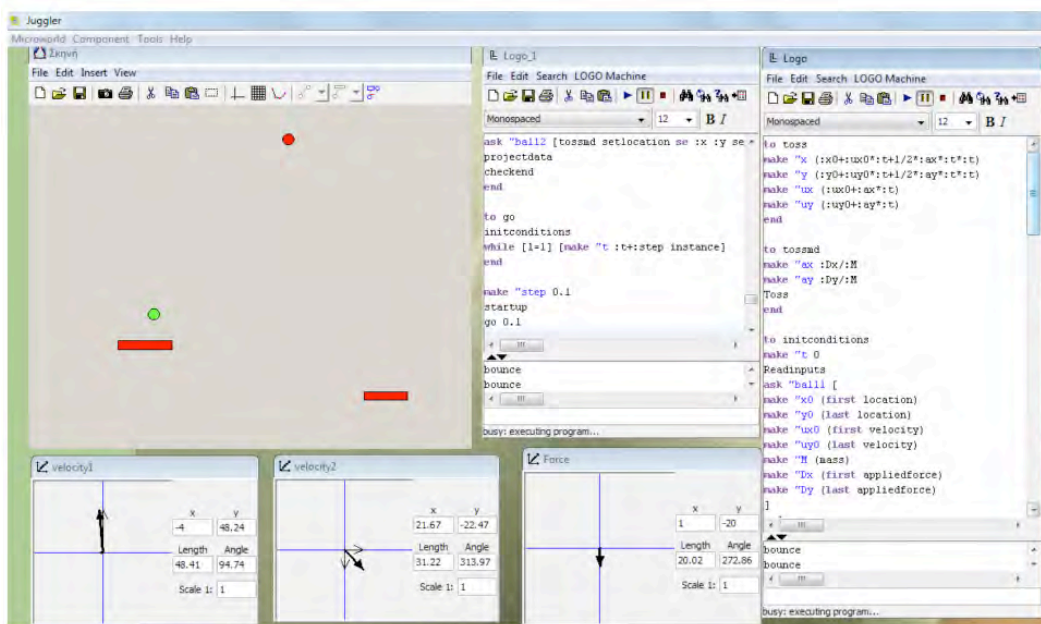


Figura 33. Micromón Juggler (Smyrnaïou, Foteini, & Kynigos, 2012, p.237)

Per fer-ho, compten amb tres vectors de manipulació dels components: un per a la velocitat inicial de la pilota vermella, un altre per a la velocitat inicial de la pilota verda i el darrer per establir el camp de força. Els valors d'aquests paràmetres físics es poden canviar accionant la fletxa del vector per establir l'angle, la direcció i la llargada. Una vegada establertes les condicions, comencen a jugar accionant les raquetes per evitar que les pilotes toquin el terra. Per fer-ho, és crucial que els alumnes manipulin els tres vectors de manera que els resulti fàcil de mantenir les pilotes en moviment sense tocar el terra. Smyrniou i col·laboradors, (2012) i col·laboradors proposen aquest micromón i destaquen que l'establiment de les condicions inicials amb els vectors a partir del treball col·laboratiu és un moment clau en què es generaren discussions productives entre alumnes per a la generació de significat científic sobre el moviment i les col·lisions en un espai newtonià 2D.

Durant els tres anys de projecte Metafora, els micromons també han evolucionat. En el cas de Juggler, ha evolucionat a Juggler 3D, que es mostra a la Figura 34. En aquest nou micromón inspirat en l'anterior, els alumnes disposen de vuit paràmetres que poden modificar a partir del desplaçament de barres: massa de l'esfera, la direcció del tir, l'altitud del tir, la potència (que es correspon a la velocitat del tir de Juggler), la força d'atracció de la gravetat, la direcció del vent, la velocitat del vent i la mida de la raqueta.

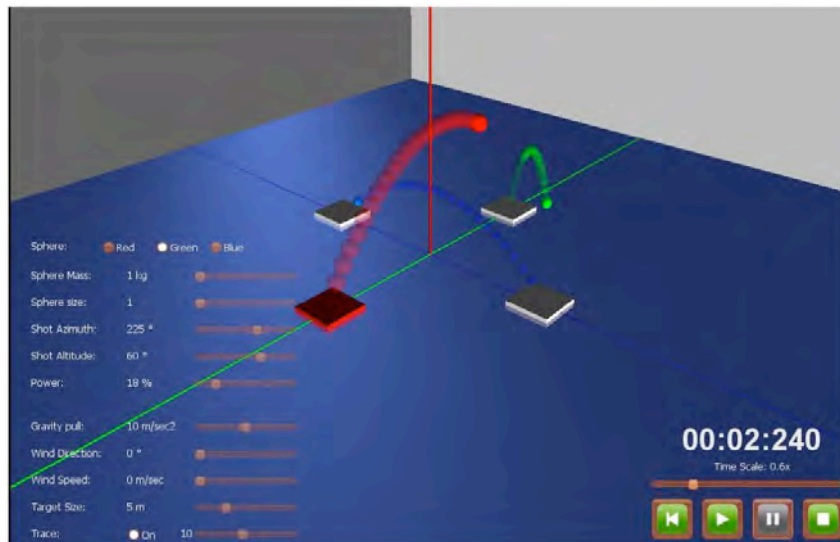


Figura 34. Micromón Juggler 3D, evolució de Juggler (Smyrniou, Moustaki, Yiannoutsou & Kynigos, 2012, pàg. 31)

Tot i que al projecte Metafora alguns grups sí que han treballat a partir dels micromons, la proposta didàctica del projecte "Bec o no?" que dissenyem i analitzem en aquesta tesi no s'associa a un micromón. En el nostre cas, no hem utilitzat les visualitzacions i simulacions que poden oferir els micromons ja que el projecte "Bec o no?" és una proposta didàctica de l'àmbit de les ciències de la terra i que es centra en l'estudi de la potabilitat de les aigües. És per això que treballem amb dades d'un context real i prioritzem que l'alumnat desenvolupi processos i habilitats propis de la indagació científica, com el disseny i execució d'experiments reals.

2.1.3. L'eina de planificació: el pensament visual

Aquesta eina s'ha dissenyat per donar suport a l'aprenentatge entès com un procés d'indagació compartida (Yang & Wegerif, 2010). Amb aquesta eina integrada a la plataforma Metafora, s'ofereix un espai amb diverses ajudes, que es presenten com a llenguatge visual, i que permet als alumnes crear un diagrama o mapa per representar gràficament les seves idees i com aquestes progressen, planificar la indagació i reflexionar sobre aquesta per donar suport al **pensament visual**. A la Figura 28 es representa la captura de pantalla de l'eina de planificació i el desenvolupament d'un mapa on els alumnes han connectat les seves idees organitzades a partir de les eines de pensament visual. Al llarg d'aquesta tesi, anomenarem "*mapa Metafora*" a les produccions dels alumnes en aquest espai de planificació i els distingirem dels "*mapes LASAD*" de discussió, que presentarem al proper apartat 2.1.4.

El model d'aprendre a aprendre junts requereix que els alumnes prenguin consciència de les variables clau implicades en l'aprenentatge col·laboratiu entès com un procés social i també que aprenguin a utilitzar-les. D'acord amb Wegerif i Yang (2011) les variables clau inclouen les etapes o la seqüenciació d'activitats i els diferents tipus de diàleg.

Aprendre un diàleg efectiu implica prendre consciència de la manera com es parla o s'interacciona amb els altres i amb el tema. És per això que des del Projecte Metafora hem desenvolupat un *set* d'eines gràfiques mediadores que els alumnes poden incrustar en mapes de planificació per organitzar-los i prendre consciència del procés d'indagació i per donar suport a l'aprendre a aprendre junts durant el procés de resolució del repte. Ens basem en les etapes d'indagació que hem definit a la proposta de cicle d'indagació, que hem construït a partir de la discussió de l'apartat 8 (pàgina 67) del CAPÍTOL 2. ENSENYAMENT I APRENENTATGE DE LES CIÈNCIES BASAT EN LA INDAGACIÓ.

La mediació és un concepte clau en la teoria de Vygotsky per descriure el pas de la dimensió social a la psicològica. Vygotsky (1978) va discutir que els processos mentals d'ordre superior estan mediat per eines (per exemple: tecnològiques com una calculadora, un generador de gràfics, etc.) i símbols (eines psicològiques com el llenguatge, el sistema numèric, símbols algebraics i altres). Aquests processos mentals s'esdevenen quan aquestes formes de mediació creen una transformació en el funcionament de la ment. Wertsch (1985) apunta que els individus tenen accés als instruments de mediació com a part del context sociocultural, on els individus s'apropien d'ells.

D'una banda, el mapa Metafora es basa en les característiques d'un mapa conceptual, tot i que en aquest cas no limita a conceptes les idees que els alumnes expressen sinó que la plataforma permet i fomenta la integració d'explicacions que els alumnes poden organitzar i identificar a partir del llenguatge visual.

D'acord amb Kinchin, Hay & Adams (2000), els mapes conceptuals promouen l'aprenentatge en els grups de treball col·laboratius. Es recull aquesta idea a la Figura 35 on els autors aprofiten les potencialitats del mateix mapa conceptual per expressar-ne el seu ús. En aquesta figura expressen que amb un mapa conceptual els alumnes recullen i estructuren allò que comprenen i com ho comprenen a partir com integren els conceptes entre ells. És així com els alumnes exterioritzen les seves idees i afloren els possibles errors conceptuals de manera que podran ser detectats pel mateix alumne i discutits entre els companys. Aquestes discussions tindran com a referència recursos que evidenciaran la visió dels experts i, fruit d'això, es generarà l'anomenat conflicte cognitiu que promoció al seu torn el canvi conceptual en els alumnes.

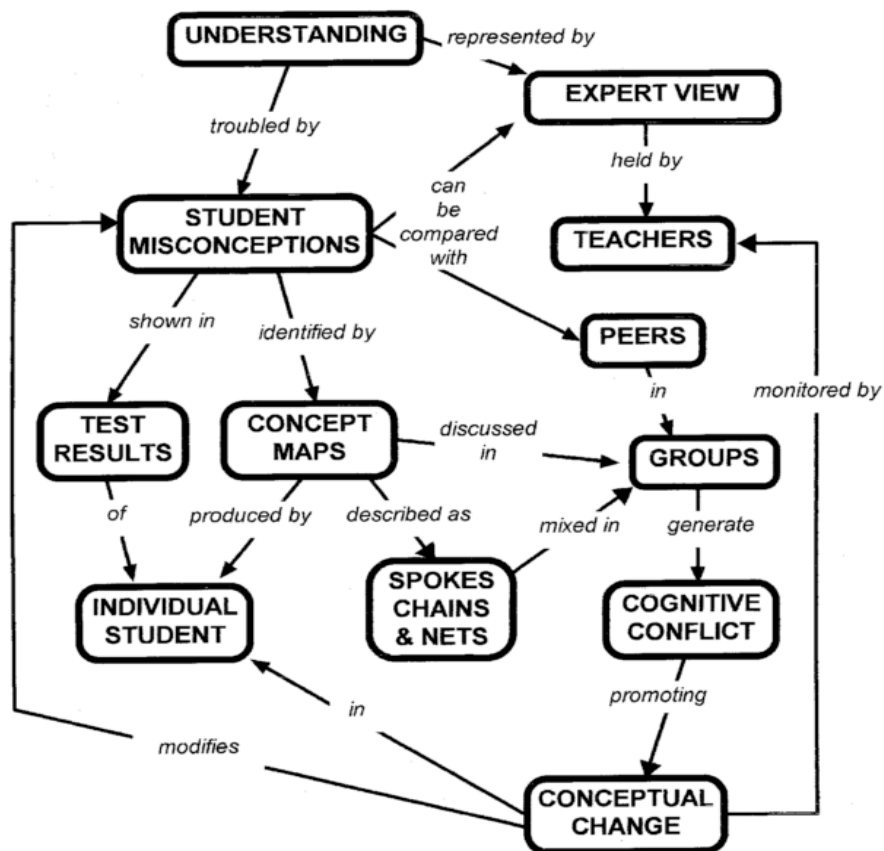


Figura 35. Mapa conceptual amb què Kinchin i col·laboradors (2000) resumeixen l'aplicació dels mapes conceptuals per a la promoció de l'aprenentatge en grups col·laboratius

El mapa Metafora es basa en aquesta mateixa idea. Permet als alumnes enllaçar i organitzar gràficament les idees que coconstrueixen, identificar problemes de comprensió o errors conceptuals, aprendre a partir dels altres i, en definitiva, aprendre a partir del que saben per arribar al canvi conceptual, la reconstrucció i la integració de les idees.

D'altra banda, la principal característica de l'eina de planificació és que integra i posa a disposició dels alumnes cartes o icones i connectors per configurar els diagrames per representar la planificació del treball a realitzar o bé per crear un diagrama del treball que ha fet el grup fins al moment. L'objectiu de les icones és garantir determinats processos imprescindibles en la indagació científica i ajudar que els alumnes els visualitzin i els incorporin al seu treball i aprenentatge, tot prenent-ne consciència.

L'equip d'investigadors del Projecte Metafora vam partir d'una extensa revisió bibliogràfica, amb què vam definir un esbós de les variables a representar en el llenguatge visual. La versió definitiva s'ha refinat a partir de la investigació basada en el disseny. Barab (2006, pàg.155) opina que el valor de la investigació basada en el disseny rau en el fet que ofereix una metodologia que contempla la complexitat dels contextes reals a partir del "canvi iteratiu de l'entorn d'aprenentatge en el temps, recollint evidències de l'efecte d'aquestes variacions i aplicant el canvi a futurs dissenys".

S'han escollit les icones visuals com a entitats gràfiques que permetin la visualització de les variables implicades en l'aprendre a aprendre junts ciències per indagació. A continuació discutim

breument com a partir del disseny de les icones s'han contemplat les variables que garanteixen l'aprendre a aprendre junts, que hem descrit a l'apartat 2.4.

En primer terme, cal que els alumnes **prenguin consciència del treball grupal**. Cada icona representa una seqüència o procés de treball del grup, a les quals Yang, Wegerif i Pifarré (2010b) hi associen diferents patrons de distribució del lideratge. Afirmen que els alumnes haurien de poder negociar constantment la distribució del lideratge d'acord amb els canvis situacionals i socials que hi són implicats. Per últim, afegeixen que el fet que els alumnes siguin conscients de la distribució del lideratge al voltant d'un tema en particular, trenca amb les coalicions de dominació, les relacions jeràrquiques, l'exclusió social i l'aïllament.

En segon terme, **l'avaluació entre iguals** es promou a Metafora, posat que els alumnes poden revisar els processos de treball que han desenvolupat fins al moment i prendre consciència del propi procés d'aprenentatge (metacognició), a partir del registre que en fan i la planificació de futures tasques. Però també hi ha traces de la interacció en aquests registres, tot i que més aviat això esdevé un instrument que pot comprendre millor el docent. A partir d'aquesta revisió els alumnes poden activar processos d'autoregulació.

En tercer i últim terme, també s'activa **la reflexió de grup**, ja que fer explícits els processos de treball i la interacció de grup a partir de les icones permeten, com ja hem dit abans, que el grup prengui consciència del model compartit d'aprenentatge. La reflexió sobre com evoluciona aquest model compartit, passa per: l'anàlisi de la responsabilitat col·lectiva i el nivell de participació individual; la reflexió sobre els rols emergents, les normes i les mancances; i la identificació de què els diferents membres han après i la comparació consegüent amb què haurien d'aprendre. L'objectiu amb tot és la regulació del grup i la coordinació per fer evolucionar el model d'aprenentatge compartit.

D'aquesta manera, per facilitar la construcció dels mapes Metafora s'ofereixen un conjunt d'elements funcionals que sintetitzem a la Taula 10. Aquests són les icones, els recursos i els connectors i esdevenen ajudes per a l'aprendre a aprendre junts ciències per indagació.







Les icones contenen símbols de llenguatge visual i títols, així com espais en buit per ser completats pels alumnes segons les seves necessitats.

El procés de disseny de les icones es va desenvolupar en diferents fases a partir del refinament i de les argumentacions suggerides per alumnes i professors que van formar part de sessions de treball destinades a testar diferents propostes de llenguatge visual. Aquesta metodologia es fonamenta en la investigació basada en el disseny (DBR, de Design Based Research en anglès). Aquesta metodologia ha estat àmpliament utilitzada. Concretament, en l'àmbit de l'ensenyament de les ciències, destaquem l'ús del DBR que han fet autors com Raes i col·laboradors (2014), Barab & Squire (2004), Brown (1992) i The Design-Based Research Collective (2003).

Com a resultat de la DBR es va concretar una proposta de **llenguatge visual** constituïda per sis tipus de components (Wegerif et al., 2012) i que es resumeixen a la Taula 10:

1. **Etales principals de la indagació científica:** les icones són de color verd. Per exemple: Experimentar i formular hipòtesis.
2. **Processos i habilitats d'indagació científica:** les icones són de color blau. Per exemple: experimentar i pluja d'idees.
3. **Actituds:** les icones representen barrets de diferents colors, com ara ser crític i ser obert.
4. **Rols:** icones grises. Per exemple avaluador i supervisor.

5. **Recursos:** permeten la connexió amb altres tipus de recursos i inclouen documents, vídeos i presentacions. També permeten enllaçar amb mapes de discussió LASAD i als micromons.
6. **Connectors:** Són fletxes roges i negres. Esdevenen elements de relació heurística (“després de”, “es necessita per” i “relacionat amb”) per donar significat als nexes entre dues cartes que els alumnes poden emprar en una planificació.

Component	Explicació	Exemple
1. Etapes de la indagació científica	Etapes clau dels processos d'aprenentatge dialògic basat en la indagació, per exemple: Explorar i Reflexionar sobre el procés	
2. Processos i habilitats d'indagació científica	Processos de treball clau implicats en les etapes de treball, per exemple: Identificar les variables, Analitzar i reflexionar	
3. Actituds	Orientacions intersubjectives clau per especificar les actituds de treball en grup durant les etapes o els processos de treball. Per exemple: crític i ètic.	
4. Rols	Rols implicats en el desenvolupament i la mediació de la col·laboració entre els diferents membres del grup de treball. Per exemple: avaluador i secretari.	
5. Recursos	Recursos disponibles, per exemple: mapa de discussió, espai de plantejament del repte o Micromons, etc.	
6. Connectors	Relacionen els components, per exemple: relació causa o temporal	

Taula 10. Components del llenguatge visual que ofereix la plataforma Metafora (Pifarré et al., 2014, pàg. 168)

La integració de l'ús de les representacions visuals té un paper central com a ajuda pedagògica i, en efecte, eina medidora en el marc del Projecte Metafora. Es pretén que el llenguatge visual faci que els alumnes considerin la necessitat de la construcció de models, testar-los, observar, reflexionar sobre què van construir i com, etc. Així les icones d'etapes i processos de treball científic guien als alumnes i els permeten prendre consciència de quines tasques han completat i quines els falta per fer. El llenguatge visual també els ofereix vocabulari per anomenar i prendre consciència dels processos que desenvolupen. Endemés, el llenguatge visual facilita la reflexió durant el procés i una vegada l'han completat.

És per això que les icones d'etapes de la indagació i les de processos i habilitats d'indagació esdevenen ajudes a l'aprenentatge orientades a la gestió i a l'articulació i reflexió del procés d'indagació científica, segons la classificació de les ajudes a l'aprenentatge en els ILE de Quintana i col·laboradors (2004). El mapa de planificació en si mateix és una ajuda de procediment per a l'aprendre a aprendre junts segons la classificació de Bodemer i Dehler (2011) posat que facilita la consciència dels alumnes













sobre les activitats desenvolupades a Metafora. Finalment, incorporar icones de rols i d'actituds al mapa Metafora constitueix una ajuda del tipus social.

A continuació concretarem quines són les icones per les etapes científiques, icones per als processos i habilitats científics i, en darrer lloc, icones per a les actituds, que s'han integrat a Metafora.

Distingim entre processos i habilitats d'indagació i etapes per ajudar a desempaquetar la indagació donat que es considera que per als alumnes és un procés d'aprenentatge complex i difícil (per exemple: Veermans, van Joolingen & de Joand, 2006). Pedaste i col·laboradors (2015) després d'una exhaustiva revisió de cicles d'indagació proposen que un menor nombre d'etapes o fases faciliten la presentació de l'IBSE.

2.1.3.1. Icones per a les etapes de la indagació científica

A partir de la revisió bibliogràfica dels cicles d'indagació de l'apartat 8.1 i les habilitats i processos científics de l'apartat 8.2 del CAPÍTOL 2. ENSENYAMENT I APRENTATGE DE LES CIÈNCIES BASAT EN LA INDAGACIÓ (pàg. 85), des del projecte Metafora s'ha dissenyat un cicle d'indagació propi, que el configuren unes etapes que s'han escollit en base a la bibliografia i a la investigació basada en el disseny. Volem destacar que, entre aquestes icones, s'hi incorporen processos científics que requereixen una demanda cognitiva alta, que Wenning (2005) classifica entre habilitats integrades i avançades.



















Etapa de la indagació	Icona	Etapa de la indagació	Icona
Construir un model		Discutir resultats	
Plantejar el problema		Contrastació d'hipòtesis	
Elaborar conclusions		Arribar a un acord	
Explorar		Refinar el model	
Formular hipòtesis		Reflexionar sobre el procés	
Preparar comunicació		Icona en blanc	

Taula 11. Icones d'etapes de la indagació dissenyades des del Projecte Metafora

En darrer lloc hem incorporat un icona en blanc que pretén facilitar la incorporació d'etapes per tal de flexibilitzar el cicle i poder adaptar-lo a diferents escenaris i plantejaments didàctics.

2.1.3.2. Icones per als processos i habilitats de la indagació científica

Es presenten a la Taula 12 les icones que representen les habilitats i els processos d'indagació, que hem justificat a l'apartat 8.2. Posat que l'objectiu d'aquestes icones és desempaquetar les etapes del cicle d'indagació, els processos que han de representar han de ser concrets, vinculats a l'acció i transferibles a totes les fases. De la mateixa manera que en el cas de les icones d'etapes, també incorporarem una carta en blanc.

Procés o habilitat d'indagació	Icona	Procés o habilitat d'indagació	Icona
Assignar rols		Analitzar	
Anticipar		Pluja d'idees	
Construir		Discutir	
Avaluar		Experimentar	
Recopilar informació		Dissenyar hipòtesis	
Prendre notes		Presentar	
Proposar una alternativa		Arribar a un acord	
Reflexionar		Fer un informe	
Simular		Icona en blanc	

Taula 12. Icones de processos o habilitats que desempaqueten la indagació dissenyades des del Projecte *Metafora*

Per distingir etapes de processos i habilitats, s'ha utilitzat un codi de colors. Les primeres en verd i les segones en blau.

2.1.3.3. Icones per a les actituds

Les icones d'actituds s'han dissenyat en base a la tècnica dels sis barrets per pensar de Edward de Bono (2008). Bono proposa sis barrets, que associa a colors, on cadascun representa una manera diferent de posicionar-se quan s'han de desenvolupar tasques de presa de decisions. Es mostra a la Figura 36 una representació d'aquest barrets i les característiques que s'associen a cadascun.

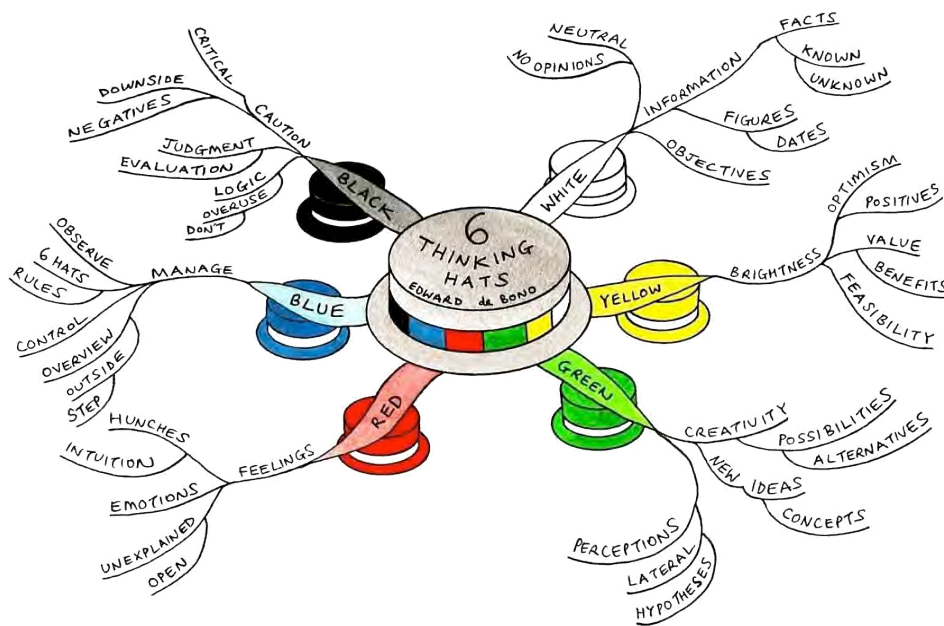


Figura 36. Característiques dels 6 barrets per pensar de Edward de Bono (1992). Font: Paul Foreman¹⁰

En resum, el barret roig representa les emocions, el verd la creativitat, el groc el pensament positiu, el blanc té en compte tots els detalls, el negre detecta problemes i és crític i per últim el blau integra i gestiona els cinc barrets restants.

Malgrat que des de la recerca institucionalitzada no s'ha descrit aquesta tècnica, l'hem escollit ja que ha estat àmpliament utilitzada i exitosa en contextos educatius i també en el món dels negocis. A més, Wegerif i Yang (2011b) argumenten que hi ha una marcada i interessant coincidència entre els tipus de diàleg i els barrets de de Bono, fet que reforça teòricament allò que representen els barrets de de Bono.

Els autors afirmen que els barrets poden considerar-se rols quan un individu utilitza només una orientació. Els barrets representen els tipus de diàleg caracteritzats per les orientacions del diàleg.

A la bibliografia hem trobat llistes generals que relacionen les habilitats de pensament individual i les habilitats d'aprendre a aprendre junts amb l'enfocament educatiu dialògic. Les mostrem a la Taula 13:

¹⁰ <http://www.mindmapinspiration.com>

Perkins Jay & Tishman (1993)	Wild & Pfrankuch (1999)	Facione (2000)	Goleman (1995)
Aventurer	- Escepticisme	- Cercar la veritat	7 ingredients clau per tenir Intel·ligència emocional a l'hora
Curiós	- Imaginació	- Obertura de ment	d'aprendre
Clarificador i comprensiu	- Curiositat i alerta	- Analític	- Confiança
Planificador i estratègic	- Obert	- Sistemàtic	- Curiositat
Cautelós	- Profunditat de pensament	- Autoconfiança i pensament crític	- Intencionalitat
Avaluador de raons	- Lògica	- Inquisitiu	- Autocontrol
Metacognitiu	- Perseverança	- Maduració de judicis	- Comprendre i ser comprès
	- Compromès		- Comunicatiu
			- Cooperar


Taula 13. Diferents propostes d'habilitats que relacionen el pensament individual amb l'aprendre a aprendre junts

Per tant, justifiquen que els diferents tipus de diàleg poden donar suport a l'aprendre a aprendre junts basant-nos en la revisió bibliogràfica que s'ha exposat en aquest apartat. Finalment, redefinim els barrets de de Bono i n'afegim dos més per cobrir vuit tipus diferents de diàleg de la següent manera:

- Blanc (obert): obert a allò que és nou, comprensiu amb la situació i els altres.
- Roig (intuïtiu): emocions.
- Verd (creatiu): pensament lateral.
- Blau (racional): focalitza en les evidències i els fets i és analític.
- Groc (positiu): solucions creatives basades en les noves visions, pensament positiu.
- Cian (ètic): ètic, considera les conseqüències.
- Magenta (negatiu): detecció de mancances, anàlisi crític i advocat del diable.
- Negre (reflexionar): dialoga sobre el diàleg (reflexiu), estableix els objectius, resumeix, rol de moderador.

Al projecte Metafora es dona forma d'icona a aquestes actituds. Les icones s'han dissenyat per oferir als alumnes maneres de mirar el món, més que eines per operar. Amb aquestes maneres de mirar, els alumnes es comprometen en els diàlegs i les diferents icones els poden ajudar a enfocar els problemes de diferents maneres.

A la Taula 14 es recullen les icones que finalment s'han creat per a les actituds:

Actitud	Icona	Actitud	Icona
Negativa		Ètica	
Intuïtiva		Positiva	
Oberta		Racional	
Creativa			

Taula 14. Icones d'actituds que donen suport a l'aprendre a aprendre junts, implícit en la indagació dialògica, dissenyades des del Projecte Metafora

En darrer lloc, cal afegir que l'ús de les actituds en la planificació s'ha caracteritzat en base a tres principis:

1. **D'una en una:** durant una activitat compartida, una actitud es comparteix amb tot el grup al mateix moment.
2. **Com a atributs de les activitats:** prendre una actitud no és una activitat en si mateixa. El grup pot decidir associar més d'una actitud a una activitat.
3. **Poden ser planificades o contextualitzades:** Les actituds es poden planificar. D'una banda, anticipar-se i decidir quina actitud prendre pot resultar beneficiós per la grup i l'activitat que desenvolupen. Això pot constituir una bona estratègia per abordar diferents activitats. D'altra banda, però, les actituds estan contextualitzades en activitats associades.

Destaquem, d'entre les experiències que han ajudat als membres del projecte Metafora a crear aquestes icones, la que es va realitzar en un institut de secundària de Lleida l'any 2010. En aquesta experiència es va identificar que als alumnes els suposa un repte comprendre les actituds apropiadament. També és un repte per als alumnes discutir i negociar el significat de les actituds a

mesura que van planificant la tasca. Wegerif & Yang (2011b) proposen que tant els alumnes com els professors cal que estiguin preparats per utilitzar les actituds.

2.1.4. Les eines de discussió: el xat i LASAD

El xat i LASAD (acrònim de l'anglès "Learning to Argue: Generalized Support Across Domains") són eines de discussió integrades a Metafora que permeten la comunicació i la col·laboració habilitant un espai de diàleg entre els alumnes per a la negociació i el refinament del seu model d'aprenentatge (Yang, et al., 2013b). D'aquesta manera es possibilita que els alumnes comuniquin les seves idees als companys afegint contribucions textuais a l'espai de treball compartit. Cal destacar que l'objectiu d'aquestes eines és que donin suport específic als processos d'aprendre a aprendre junts (L2L2) i a més, en certa manera ajuden que els alumnes prenguin consciència del procés de treball grupal. Ambdós eines de discussió són integrables en altres eines que proporciona Metafora.

El xat i LASAD són artefactes que es comparteixen des d'altres eines. S'hi poden incorporar elements com ara text o imatges en miniatura com a components de la discussió.

Es cobreixen diferents propòsits amb aquestes dues eines. En primer lloc, amb el xat s'ofereix un espai ràpid i sempre present per mantenir l'atenció dels membres del grup i que aquests comparteixin reflexions i idees informals in situ. El xat sempre es vincula a una de les icones incloses al mapa Metafora, com es pot veure a la Figura 37.

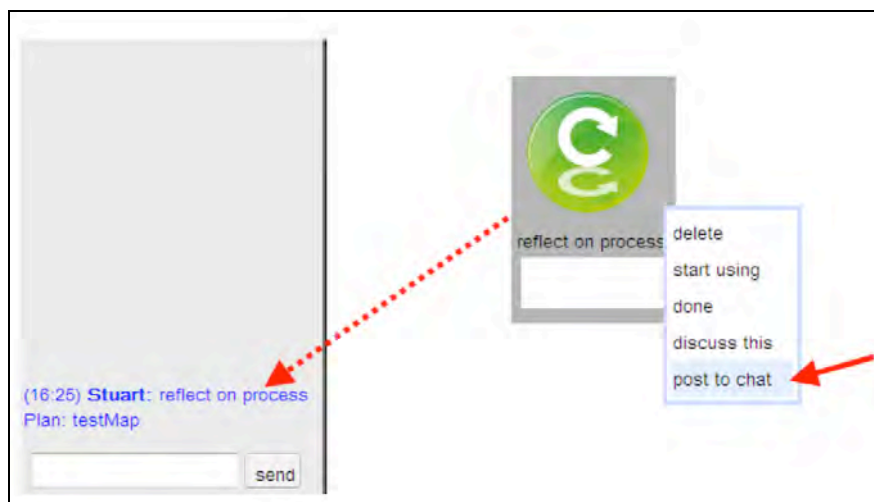


Figura 37. Xat integrat a la plataforma Metafora

En segon lloc, LASAD ofereix una aproximació estructurada a la discussió a través de diagrames d'argumentació (Loll, Pinkwart, Scheuer & McLaren, 2009) amb què es pretén millorar les habilitats de discussió i d'argumentació dels alumnes (Scheuer, Loll, Pinkwart & McLaren, 2010) per ajudar-los a coordinar el seu diàleg. Les contribucions que els alumnes fan a LASAD també tenen un format gràfic ja que els alumnes escullen unes cartes on inclou el text amb les seves aportacions. Per introduir una carta nova els alumnes han de seleccionar quin tipus d'intervenció volen fer d'un llistat d'opcions, així com s'exemplifica a la Figura 28..

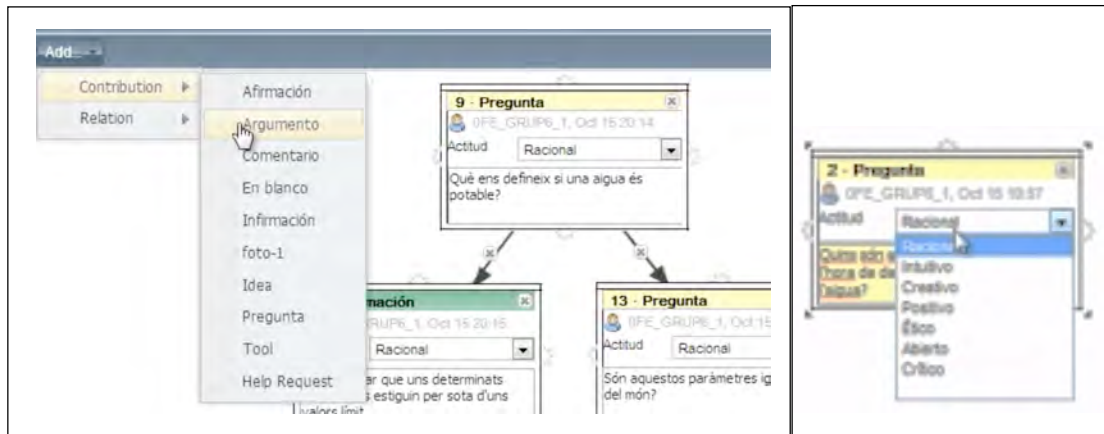


Figura 38. Opcions per al tipus d'intervenció que es fa a LASAD

Els tipus d'intervencions que s'habiliten són: afirmació, argument, comentari, informació, idea, pregunta i sol·licitud d'ajuda. També hi ha disponible l'opció "en blanc" perquè els alumnes incloguin un altre tipus d'intervenció no inclosa a la llista. A més, cada tipus d'intervenció es pot etiquetar segons l'actitud amb què es formula, essent aquestes: racional, intuïtiva, creativa, positiva, ètica, oberta i crítica. Segons la classificació de les ajudes a la col·laboració de Bodemer i Dehler (2011) aquest tipus d'ajuda esdevé una ajuda cognitiva perquè informen sobre el tipus de contribució que aporta un individu i a més, també constitueix una ajuda de procediment en el sentit que informa als alumnes perquè aquests prenguin consciència del moment de treball on es troben.

També es pot vincular la discussió LASAD a un objecte enllaçat des de l'eina de planificació, com es mostra a l'exemple de la Figura 39, en aquest cas la icona de fase "experimentació". En aquest exemple, els alumnes discuteixen com dissenyaran el seu experiment per poder validar les hipòtesis que prèviament s'han plantejat. Aquesta va ser una necessitat que es va detectar des de les primeres experimentacions amb el sistema i es fonamenta en la bibliografia de Stahl (2006).

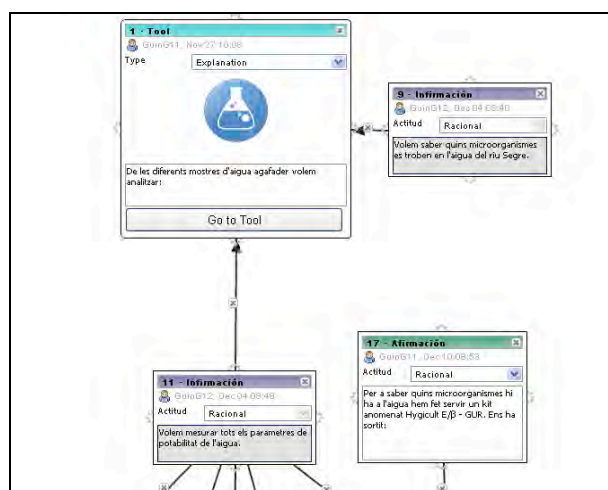


Figura 39. Mapa de discussió LASAD que s'enllaça a la icona – en aquest cas de la fase d'experimentació – provinent del diagrama de l'eina de planificació

Per últim, que els alumnes disposin del registre de les seves aportacions promociona que aquests prenguin consciència de les idees dels companys, esdevenint així una ajuda a la col·laboració de tipus cognitiu. A més, per mitjà dels connectors els alumnes poden enllaçar les seves idees per configurar el fil argumental de la discussió i prendre consciència de les connexions i acords als que arriben. Això ajuda als alumnes a llegir i interpretar les perspectives dels companys i, per tant, es fomenta l'orientació intersubjectiva. És així com es generen més oportunitats perquè el grup expandeixi el seu espai de diàleg. Per tant LASAD fomenta la reflexió sobre el procés grupal de resolució del problema, la reflexió sobre el significat del procés d'indagació en el context específic dels alumnes i la reflexió i construcció d'un model compartit sobre el problema i la seva resolució (Yang et al., 2013b).

2.1.5. Eines dissenyades específicament per ajudar els alumnes a prendre consciència del procés d'aprendre a aprendre junts

En base a les variables clau de l'L2L2 que hem definit *al Capítol 1*, s'han dissenyat un conjunt d'eines que esdevenen ajudes a l'aprenentatge col·laboratiu a temps real. Cal destacar que, en el moment del disseny i implementació del projecte "Bec o no?", aquestes eines encara no estaven desenvolupades, motiu pel qual no es van incloure durant la intervenció objecte d'estudi d'aquesta tesi.

A Metafora s'han integrat eines que promouen que els alumnes prenguin consciència del procés d'aprendre a aprendre junts i que cobreixen els tres tipus d'ajudes a la col·laboració socials, cognitives i de procediment de Bodemer i Dehler (2011) i que han estat al treball de Irgang i col·laboradors (2013). D'altra banda, el tipus d'ajudes que es faciliten als alumnes a Metafora es poden classificar segons el moment que les utilitzen els usuaris (sincròniques o asincròniques) i segons l'interès per als usuaris (directes o indirectes).

- Segons el moment: les ajudes **sincròniques** s'utilitzen quan els usuaris treballen alhora en la tasca, com podria ser durant la sessió d'aula. Les ajudes **asincròniques** prenen importància quan l'alumne, individualment des de casa, es connecta a Metafora i vol conèixer què han fet altres companys mentre estava *offline*.
- Segons l'interès per als usuaris: les ajudes **directes** estan vinculades directament amb els esdeveniments generats en grup i per tant esdevenen ajudes socials. En canvi, les ajudes **indirectes** són relatives al treball d'altres grups.

Irgang i col·laboradors (2013) proposen el quadre de la Taula 15 per caracteritzar les relacions entre les ajudes segons el moment que les utilitzen els usuaris i l'interès que tenen per aquests. Aquest marc de relacions entre tipus d'ajudes ha resultat especialment útil en el procés de disseny de la plataforma.

	Mateix repte		Altres reptes
	Directes	Indirectes	
Sincròniques	Què succeeix en el context de la tasca actual?	Què està succeint en aquest repte?	Què està succeint en altres reptes?
Asincròniques	Què ha succeït en el context de la tasca actual? Mateix grup	Què ha succeït en aquest repte? Altres grups	Què ha succeït en altres reptes?

Taula 15. Interaccions entre les ajudes sincròniques/asincròniques i directes/indirectes (Irgang et al., 2013, pàg. 10)

Es mostra a la Figura 40 com s'integren a la plataforma Metafora les eines que tenen per objectiu oferir ajudes al procés d'aprendre a aprendre junts.

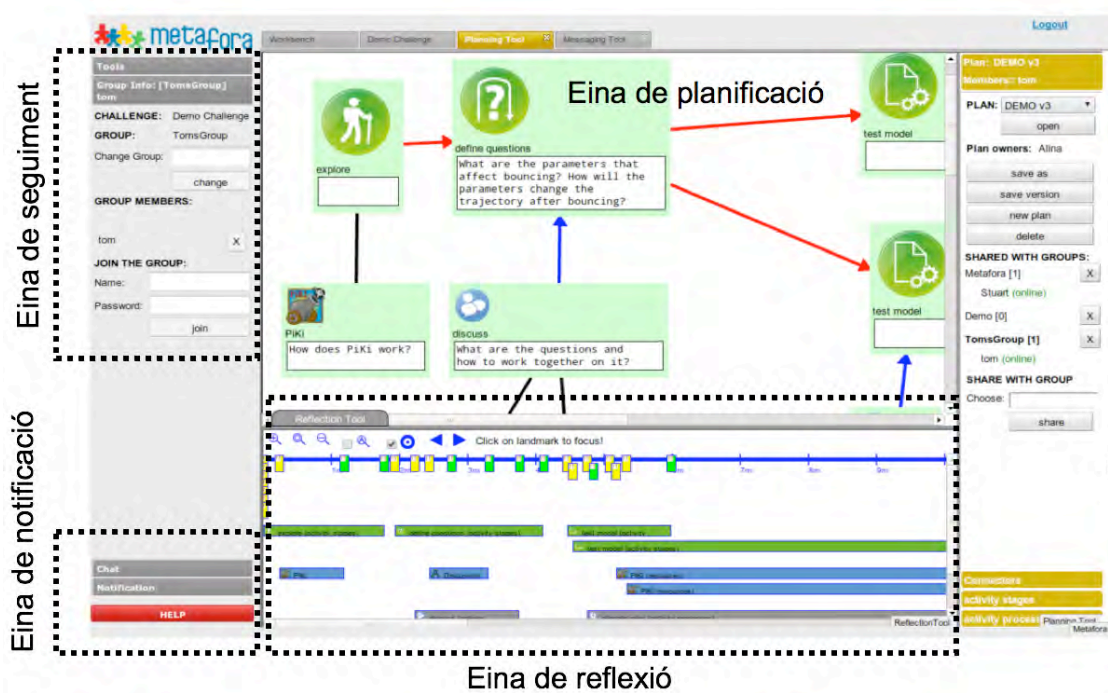


Figura 40. Integració a la plataforma Metafora de les eines dissenyades específicament per ajudar els alumnes a prendre consciència del procés d'aprendre a aprendre junts

Les eines que s'han integrat a la plataforma són: l'eina de seguiment, l'eina de notificació, l'eina de reflexió i l'eina de planificació, tot i que aquesta ja s'ha descrit anteriorment a causa de l'entitat i la importància que té. A continuació es descriuen aquestes eines.

L'eina de seguiment

La plataforma incorpora un motor intel·ligent d'anàlisi o eina de seguiment del treball dels alumnes basat amb CASE (Scheuer & McLaren, 2013) i adaptat per a Metafora que publica indicacions a temps real en un canal de comunicació que centralitza les anàlisis, com es mostra a la Taula 16. Aquesta anàlisi automàtica publica informacions de nivell inferior, com ara la indicació de la creació o la

modificació d'artefactes, i de nivell superior, com la indicació si un alumne està complint amb l'objectiu del micromón o si té dificultats. Els alumnes poden filtrar la visualització dels diferents indicadors per accedir a la informació segons les seves necessitats. Aquesta eina desa l'historial de notificacions.

User	Classi...	Description	Time	Date	tool
tool: Planning Tool (4 Indicators)					
Bob	CREATE	Bob has created a "Build Model" card in the plan.	14:08:52	2012-0...	Pla...
Bob	MODIFY	Bob has started a "Build Model" stage.	14:10:07	2012-0...	Pla...
Alice	CREATE	Alice has created a "Build Model" card in the plan.	14:10:17	2012-0...	Pla...
Bob - Alice	OTHER	Plan Diverges	14:13:37	2012-0...	Pla...
tool: eXpresser (4 Indicators)					
Bob	OTHER	Bob has attempted to color his model.	14:12:39	2012-0...	eX...
Bob	ACHI...	Bob has successfully colored a model.	14:15:59	2012-0...	eX...
Alice	HELP	Alice failed to color a model after several attempts.	14:20:59	2012-0...	eX...
Alice	CREATE	Alice created a rule.	14:21:19	2012-0...	eX...
Total Indicator Count: 8					

Taula 16. Eina de seguiment del treball dels alumnes. Mostra indicadors a temps real del treball dels alumnes (Dragon et al., 2013, pàg. 27)

L'eina de notificacions

Per poder automatitzar el suport als alumnes durant la configuració de la planificació de la indagació, Irgang i Irgang (2014) han desenvolupat una sintaxi i semàntica específiques de xarxes Petri. D'aquesta manera es poden oferir als alumnes notificacions o indicacions de *feedback* per ajudar-los a planificar i a executar les seves planificacions. Aquests missatges poden ser afirmacions, correccions o informacions (Chen, Huang, Kinshuk, Li & Sampson, 2013).

L'eina de notificacions té múltiples usos i es pot configurar segons l'emissor dels missatges, el sistema, el professor o l'alumne, en aquest darrer cas per a la coavaluació. A la Figura 41 es mostra l'eina vista com a sistema (a dalt) o com a professor o alumne (a baix a l'esquerra). Les notificacions impliquen un *feedback* per als alumnes que es pot presentar de tres maneres diferents en funció de les necessitats dels alumnes: alta interrupció (HIF), baixa interrupció (LIF) i sense interrupció (NIF). En el cas d'HIF, el missatge interromp la interacció i els alumnes no poden continuar fins que l'accepten. L'exemple d'aquest tipus de notificació s'inclou a la part de baix a la dreta de la Figura 41. A les notificacions LIF no s'interromp explícitament el treball dels alumnes ja que es mostren a l'àrea de notificació. Per últim, les notificacions NIF apareixen en una àrea especial on es mostra l'historial del *feedback* disponible.

També es pot configurar perquè les notificacions es rebin individualment o de forma grupal. Aquesta eina també desa l'historial de notificacions.

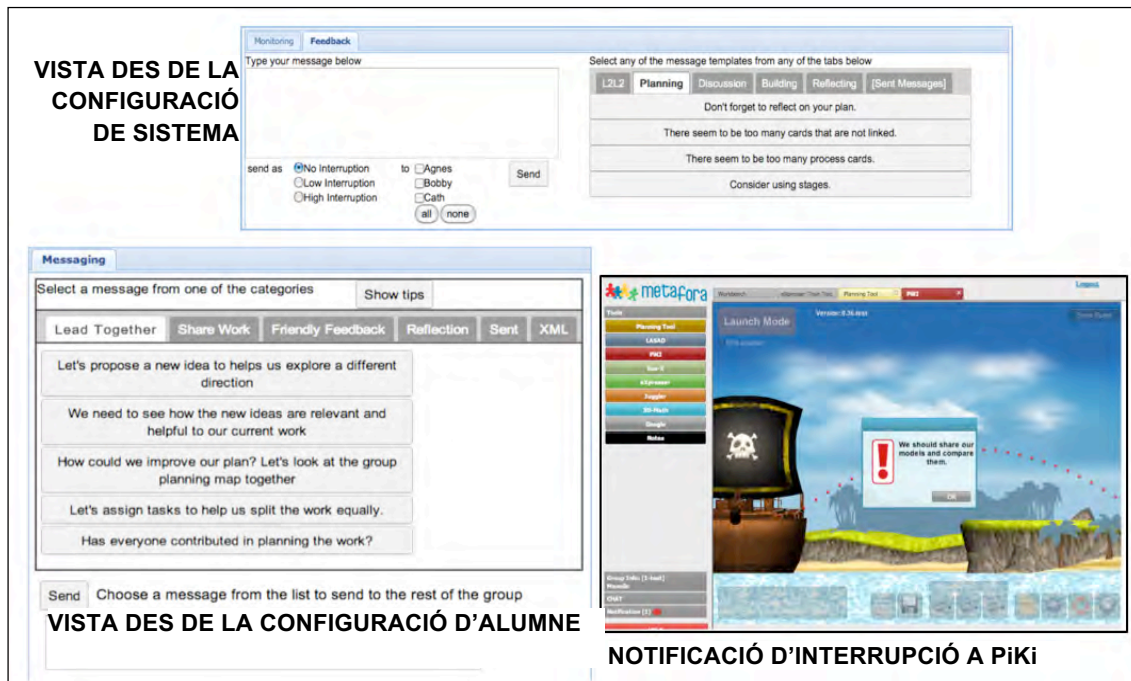


Figura 41. Eina de notificacions (Dragon et al., 2013, pàg. 28-29)

Pel que fa al tipus de notificacions que es poden enviar al grup, mostrem a la Taula 17 un recull d'exemples de diferents missatges que es poden utilitzar com a notificacions vinculats a les quatre variables clau de l'aprendre a aprendre junts. En aquest cas estan plantejats des de la configuració de l'emissor del missatge com a alumne utilitzada en el cas d'una coavaluació del treball dels companys.

	Message Template	Comments
Distributed Leadership	Let's propose a new idea to help us explore a different direction.	Useful in a phase of brainstorming as a means of getting the team out of an impasse.
	We need to see how the new ideas are relevant and helpful to our current work.	Highlights the importance of regulatory moves during idea generation and provides an example of criteria for accepting or rejecting ideas.
	Let's look at the group planning map together.	Relevant when some students' activities seem to be diverting from the plan.
	How could we improve our plan?	Inspires specific leadership moves from members of the team. These messages promote the equal share of both work and leadership (planning) from all the members of the team.
	Let's assign tasks to help us split the work equally.	
	Has everyone contributed to planning the work?	
Mutual Engagement	Has everyone done the work they said they would do?	Similar to the last two messages of the previous category, but intended to refer to engaging particularly with the discussion or work in the microworlds.
	Has everyone contributed to the discussion?	
	I/We need some help with <...>	Promotes peer help-seeking --- students are often reluctant to ask for help from peers even when stuck.
	We seem to disagree. Have we all understood each other's opinions?	Helps students step back from the "heat of the disagreement" and fosters shared understanding and by encouraging students to rethink the problem and help reach consensus and/or generate new action.
	Lets discuss our conflict starting from the causes of our confusion.	
Peer feedback and assessment	We seem to disagree. Lets redefine our group goals/attitudes/roles.	Defining goals/attitudes or roles involves students in a discussion about their different perspectives.
	We should share our models and compare them.	Sharing and comparing models promotes meaning-making with respect to the domain.
	Lets evaluate one another's solution with respect to the task. <i>Let's explain clearly in our evaluation what is the problem</i>	Constructive peer assessment is an important skill but students often ignore the original task and tend to focus only on procedural rather than conceptual aspects hence this message recommends specific criteria.
Group reflection	Let's revise our plan. Does it match our work so far?	Revising the plan at specific phases during and at the end of the collaborative process initiates reflective discussions.
	Let's use the attitude/role cards to reflect on our work so far.	Employing attitudes and roles in the plan encourages reflection on the collaborative process at the meta-level.
	Lets consider our best/worse moment as team so far.	A message often used in critical incident analysis as a way of reflecting and generating meaning out of events.

Taula 17. Exemples del tipus de missatges que pot facilitar el professor o el propi sistema Metafora per donar suport al L2L2 (Dragon et al., 2013, pàg. 25-26)

L'eina de reflexió

Amb aquesta eina es pretén facilitar la reflexió del grup sobre el procés global d'aprenentatge que configuren els membres integrants. D'aquesta manera, l'eina no inclou informació d'altres grups però s'hi integra la informació que altres eines han registrat per organitzar-la i mostrar-la de manera sintètica.

El procés d'aprenentatge dels alumnes es presenta de manera simplificada, és a dir, el procés es redueix als passos més importants i inclou les dades d'altres eines analítiques i dels esdeveniments que s'esdevenen als micromons. Els membres del projecte van considerar imprescindible que la visualització que s'oferia del procés calia que fos intuïtiva i és per això que resulta imprescindible que sigui concreta i sintètica.

Com es pot veure a la part superior de la Figura 42, el procés s'estructura entorn d'una línia del temps on es referencien a la part inferior d'aquesta els processos més rellevants que ha desenvolupat el grup, com podrien ser iniciar o acabar una activitat. Aquests processos es referencien amb les icones visuals d'etapes que han utilitzat els alumnes i si es passa el cursor del ratolí al damunt, es proporciona més informació.

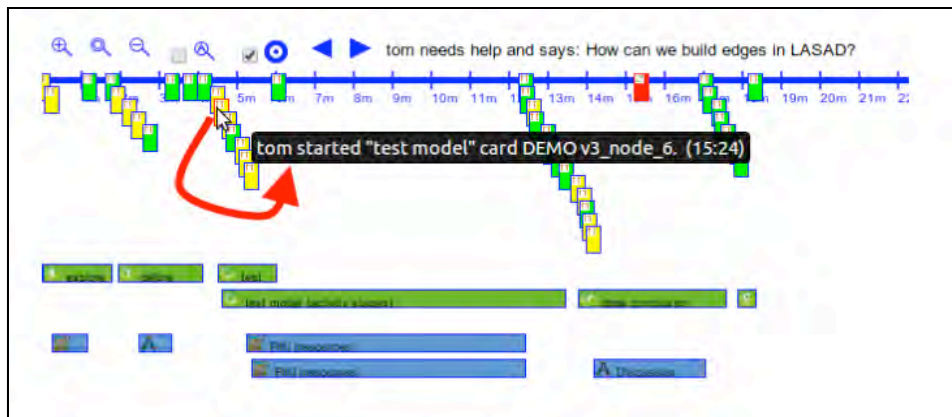


Figura 42. Eina de reflexió (Pfahler, 2011, pàg.77)

És imprescindible que la plataforma esdevingui intuïtiva per als alumnes. Un dels elements clau és que s'utilitzi un llenguatge comú i que resulti àgil als alumnes identificar la informació per així poder prendre consciència del progrés del procés d'aprenentatge per reflexionar i prendre decisions.

3. Aprendre amb Metafora

Amb l'objectiu de concloure aquesta part, una vegada exposades les característiques del projecte Metafora i de la plataforma que rep el nom del projecte i que ha estat dissenyada per un equip multidisciplinari d'experts en diferents àmbits complementaris, concretem un esquema general de com es pot posar en pràctica un projecte de ciències o matemàtiques amb aquesta plataforma.

Partirem de l'esquema de la Figura 43 on Schwarz, Drachman i De Groot (2010) caracteritzen la relació entre la seqüència d'activitats típiques d'un cicle d'aprenentatge i les eines pròpies de Metafora que suporten l'aprendre a aprendre junts ciències o matemàtiques per indagació.

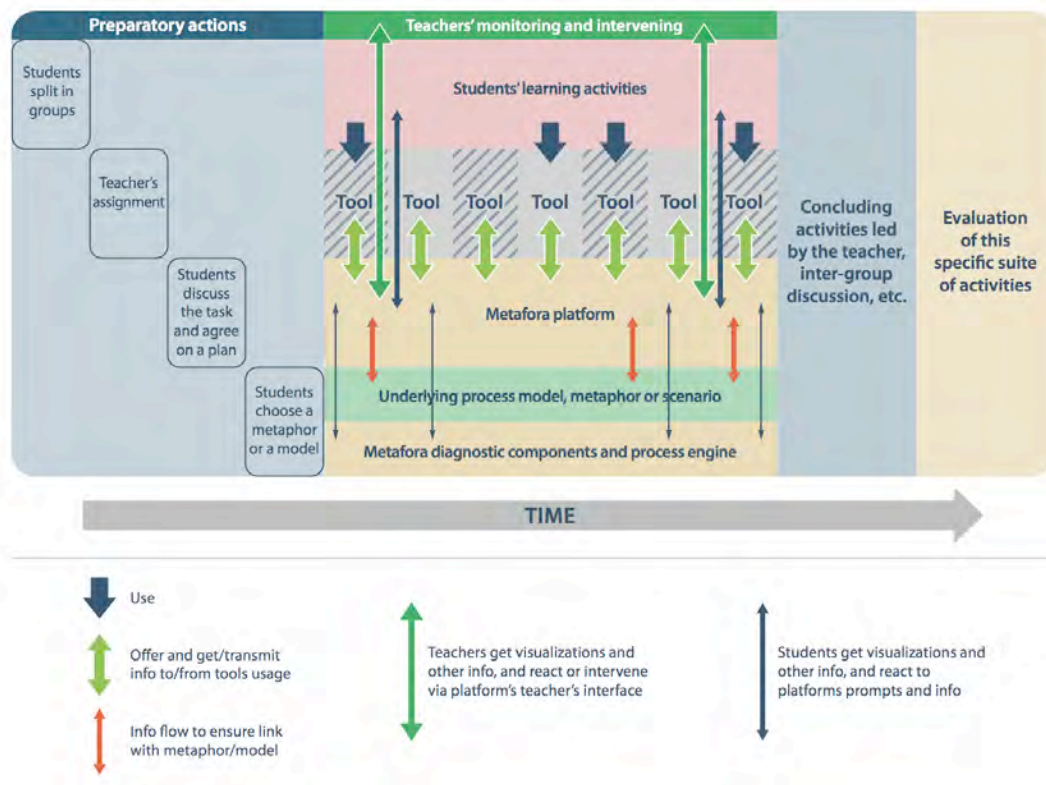


Figura 43. Seqüència d'activitats pròpia del desenvolupament d'un cicle d'aprenentatge suportat per Metafora sobre ciències o matemàtiques (Schwarz et al., 2010, pàg. 3)

El temps mínim estimat per completar un cicle és de dues setmanes. Començar un cicle d'aprenentatge a Metafora implica que el professor promogui que els alumnes s'organitzin com a grup col·laboratiu i s'introdueixin en el context d'un repte relativament complex que els serà plantejat i que la seva resolució esdevindrà l'objectiu comú del grup. A partir d'aquest moment, els alumnes iniciaran un procés dialògic d'aprenentatge de les ciències per indagació mediat per un seguit d'ajudes a l'aprenentatge. Aquestes promouran, d'una banda, la indagació científica i, d'altra banda, que el grup prengui consciència, amb el desplegament d'eines diagnòstiques, de la progressió del seu treball i de com altres grups resolen el repte, per a la reflexió i la conseqüent presa de decisions i en definitiva l'autoregulació dels aprenentatges. Aquestes ajudes, a més del seguiment i les intervencions del professorat, ajudaran als alumnes a planificar una estratègia per indagar la resolució del repte científic, desenvolupar-la i acabar construint un model explicatiu dels fenòmens científics relatius al repte. D'aquesta manera és com des del projecte Metafora es promou una visió discursivocognitiva de l'aprenentatge de les ciències i les matemàtiques.

A la Part 3 detallarem com s'ha dissenyat i organitzat la seqüència d'activitats i l'ús de la plataforma Metafora per al repte "Bec o no?", que és el repte que s'ha implementat a la intervenció d'aquesta tesi doctoral.

PART 3- Disseny de la Recerca

1. Introducció

L'objectiu d'aquest apartat és presentar el disseny de la nostra recerca. A l'apartat anterior s'ha fet una revisió bibliogràfica de l'estat actual de la recerca educativa amb què hem acotat el nostre Marc teòric de referència i establert el nostre model pedagògic, elements que esdevenen el punt de partida del disseny de la present investigació. També s'ha descrit el projecte *Metafora*, on es vincula aquesta tesi doctoral.

Aquest apartat està dividit en dos capítols. Al Capítol 1 es concreten els objectius, les preguntes de recerca i la metodologia d'anàlisi, que són els aspectes que guien la part experimental de la nostra investigació. Al Capítol 2 es presenta la manera com s'ha implementat la metodologia revisada al Marc teòric i com hem aplicat el projecte *Metafora* amb el repte "Bec o no?" per a la formació inicial del professorat.

Segons la distinció que Furtak i col·laboradors (2012b) fan dels aspectes on es centra la recerca educativa sobre indagació, nosaltres ubiquem la nostra investigació en els tres àmbits que han identificat: l'estudi de la metodologia d'aprenentatge, l'aproximació instruccional i els materials curriculars. Destaquem que la definició del disseny d'aquesta tesi s'ha fet en diverses fases ja que es van desenvolupar algunes aproximacions i intervencions exploratòries que van ajudar a acotar les variables, establir objectius i preguntes i definir la intervenció.

La investigació que presentem s'emmarca en el grup de recerca CONTIC¹¹ (**Cognició i Context i les Tecnologies de la Informació i la Comunicació**) liderat per la Universitat de Lleida i adscrit al Departament de Pedagogia i Psicologia de la mateixa Universitat. CONTIC és un grup de recerca consolidat i reconegut per la Generalitat de Catalunya. Està dirigit per la Dra. Manoli Pifarré Turmo (Universitat de Lleida), que també dirigeix aquesta tesi doctoral.

Amb un caràcter interinstitucional i interdisciplinari, CONTIC reuneix professionals de diferents àmbits relacionats amb la Psicologia, la Didàctica i la Tecnologia Informàtica.

La principal finalitat del grup de recerca se centra en estudiar com ajudar els futurs ciutadans a assolir les noves exigències cognitives i competències digitals que impliquen les noves tecnologies, per afavorir la seva inserció i èxit al món escolar, social i professional. Per aconseguir aquesta fita, l'activitat dels membres del grup CONTIC es desenvolupa en els àmbits de la recerca i de la innovació docent. Concretament, els objectius generals del grup són tres:

- Estudiar la incidència de les TIC com a eines mediadores de l'aprenentatge i del desenvolupament de processos cognitius i d'interacció social singulars.
- Conèixer quines competències digitals necessitem desenvolupar en els alumnes i ciutadans per fer de les TIC eines potenciadores del seu aprenentatge.
- Dissenyar, elaborar i implementar materials educatius útils que desenvolupin tots aquests processos i competències digitals.

L'any 2010 CONTIC es va incorporar a l'equip de treball del *Metafora Project: Learning to learn together. A visual Language for social orchestration of educational activities*¹² (Projecte número 257872). El projecte va ser finançat per la Unió Europea en matèria de Tecnologies de la Informació i de la Comunicació del 7é Programa Marc per R+D (FP7). En aquest capítol definirem els objectius fixats per als tres estudis en què es divideix aquesta tesi.

¹¹ <http://www.contic.udl.cat/ca>

¹² <http://www.metafora-project.org/>

CAPÍTOL 1. OBJECTIUS, PREGUNTES DE RECERCA I METODOLOGIA

En aquesta primera part definirem els objectius específics que pretenem acomplir en el desenvolupament de tres estudis. Per a cada estudi s'ha establert una pregunta de recerca que en serà l'eix vertebrador i que guiarà la investigació.

L'establiment dels objectius i les preguntes de recerca, ajuden als investigadors a definir un pla d'acció i en definitiva esdevenen el punt de partida per al disseny de la investigació.

1. Concreció dels objectius dels estudis

Hem dividit la nostra investigació en tres estudis, amb objectius propis i diferencials per a cadascun d'ells. Aquests són:

ESTUDI 1:

- 1) Quantificar els resultats dels alumnes a la prova d'avaluació pel que fa a coneixements científics (continguts científics i habilitats d'indagació).
- 2) Conèixer si hi ha hagut aprenentatge atribuïble a la intervenció basada en el model pedagògic plantejat al projecte "Bec o no?".

ESTUDI 2:

- 1) Estudiar com el model pedagògic afavoreix la millora dels alumnes en coneixements sobre fets i conceptes científics i l'adquisició o millora d'habilitats científiques d'indagació.
- 2) Aprofundir en l'estudi qualitatiu de l'evolució de la construcció i integració de fets i conceptes científics que han desenvolupat els alumnes a partir de la generació del significat científic i la construcció d'enllaços entre idees.
- 3) Conèixer si el projecte "Bec o no?" promou el desenvolupament i l'aprenentatge d'habilitats d'indagació que impliquen els diferents nivells de demanda cognitiva i permeten desenvolupar el cicle d'indagació.

ESTUDI 3:

- 1) Avaluar l'impacte del treball en grup sobre l'aprenentatge individual.
- 2) Avaluar el valor que afegix el pensament de grup a la qualitat del resultat del Projecte.

2. Preguntes de recerca

Les tres preguntes de recerca que es presenten a continuació esdevenen els eixos vertebradors d'aquesta tesi doctoral.

ESTUDI 1:

- I. *Els alumnes aprenen coneixements científics quan participen en la intervenció basada en l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació amb l'ús de Metafora?*

ESTUDI 2:

- I. *Quins coneixements sobre fets i conceptes científics han construït els alumnes a partir de la intervenció i quines relacions han establert entre aquests? (generació de significat científic i construcció d'enllaços).*
- II. *Quines habilitats científiques d'indagació han desenvolupat? La intervenció promou el desenvolupament d'habilitats d'indagació de diferent demanda cognitiva? Les habilitats que han après els permeten desenvolupar el cicle d'indagació?*

ESTUDI 3:

- I. *Quin és l'impacte de la participació en grup en un projecte fonamentat en l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació i mediat per la tecnologia en l'aprenentatge individual dels futurs docents?*
- II. *Quina incidència té el treball en grup en el resultat d'avaluació del Projecte?*

Les preguntes de recerca dirigeixen els respectius estudis. A més, la resolució d'aquestes preguntes implica l'acompliment dels objectius que hem fixat a l'apartat 1.

3. Metodologia de recerca

En aquesta segona part es presenta la descripció dels diferents enfocaments metodològics seleccionats per abordar el treball empíric que comporta la resolució de les tres preguntes de recerca establertes a l'apartat anterior.

Posat que ens adaptem al context de la situació (Stake, 1995), i tenint en compte la naturalesa de les limitacions del control de variables en recerca educativa, optem per l'enfocament de l'estudi de cas. Combinarem aquest enfocament amb l'anàlisi quantitativ i qualitativ dels resultats que es concreten amb l'enfocament multi-mètode per a la definició del disseny experimental. Considerem que aquesta aproximació ens aporta una major i profunda comprensió dels processos cognitius. D'acord amb aquest plantejament, definirem els instruments i tècniques de recollida de dades.

Flick (2004) proposa que la varietat d'aproximacions i metodologies es pot interpretar com la manera d'accedir als fenòmens a estudiar des de varis punts de vista. Així es poden evidenciar diversos aspectes i nivells que poden ser complementaris. Triar una metodologia d'anàlisi o una altra correspon directament a l'objecte d'estudi i les preguntes de recerca que es plantegen.

3.1. L'estudi de cas

La metodologia d'investigació que utilitzarem per a la nostra recerca és l'estudi de cas. A continuació es descriu aquest enfocament metodològic i els contextos on diversos autors consideren que aplicar-lo esdevé oportú.

Aquesta aproximació respon a l'exigència d'apropar-nos al fenomen d'estudi des d'un punt de vista "comprensiu" i des de l'anàlisi de perspectives múltiples. Això vol dir que en aquest acostament s'ha de considerar la veu dels actors rellevants en el seu context i les interaccions que s'estableixen entre ells (Stake, 1995). En l'estudi de casos, es parteix del supòsit fonamental que un cas pot ser entès com un **conjunt de circumstàncies o condicions que concreten una determinada situació** i una sèrie de possibles línies d'evolució a partir d'ella. D'acord amb autors com Yin (2006) i Stake (1995), l'estudi de casos és apropiat per a la recerca exhaustiva i en profunditat dels fenòmens, ja que pren en consideració les condicions del context en què apareixen i **atén a múltiples i complementàries fonts d'evidència** que permeten identificar, descriure i comprendre, mitjançant la **triangulació**, els fenòmens objecte d'estudi. Un dels aspectes més destacables de la triangulació és que pot ser entesa com l'elaboració d'una xarxa de connexions entre la diversitat de dades per ampliar la perspectiva de l'investigador i integrar els diferents registres, mesures o interpretacions (Yin, 2006).

L'estudi de casos és considerat una alternativa viable i rellevant en la investigació en educació (Yin, 2006). S'ha convertit, també, en una de les metodologies més presents en la investigació sobre els processos interactius en els entorns tecnològics d'ensenyament i aprenentatge (Schrire, 2006; Stahl, Koschmann i Suthers, 2006; Xin, 2002). En el camp específic de les xarxes tecnològiques d'aprenentatge, la revisió de Hammond (2005) mostra que l'estudi de casos és l'enfocament dominant en la investigació de la interacció i els intercanvis comunicatius (per exemple: Huang, Huang, i Yu, 2011; Sangrà i González-Sanmamed, 2010).

En l'estudi de casos, la generalització no es relaciona ni depèn de la generalització estadística, sinó que s'associa a la generalització analítica basada en la possibilitat d'inferències que, gràcies a la lògica del raonament explicatiu, poden ampliar-se a altres casos.

En el nostre context experimental, triangulem l'estudi de les evidències que recollim del seguiment d'un grup-classe en tres moments: abans de realitzar la intervenció, durant la intervenció i després de la intervenció. Fem prevaldre des de bon principi l'abordatge multi-mètode del resultat dels tres moments basant-nos en les experiències de De Laat, Lally, Lipponen i Simons (2007), que proposen que amb aquesta estratègia d'anàlisi es possibilita una aproximació més ajustada a la naturalesa complexa i dinàmica del tipus de processos, esdeveniments i dades pròpies dels entorns tecnològics d'ensenyament i aprenentatge.

3.2. Enfocament per als anàlisis de dades

Yin (2006) distingeix entre estudis de casos que poden estar basats en un abordatge fortament quantitatiu i estudis de casos que poden estar basats més aviat en un abordatge tant quantitatiu com qualitatiu. Nosaltres hem emprat aquesta segona opció, referida com a anàlisi multimètode.

A continuació situarem els tres tipus d'anàlisi de dades, adequats per a l'estudi de casos, com ja hem argumentat a l'apartat anterior.

3.2.1. Anàlisi qualitatiu

L'anàlisi qualitatiu és àmpliament utilitzat en recerca educativa. A partir de l'anàlisi de diferents registres, com poden ser gravacions de vídeo de les sessions de treball, entrevistes, observacions i notes reflexives sobre les sessions, els investigadors extrauen evidències per poder ampliar la comprensió dels processos cognitius i les variables que hi afecten. Per exemple, De Vries i col·laboradors (2008) van fer observacions, entrevistes i van avaluar produccions de diferents grups de treball per analitzar la reflexió sobre la cerca web que van fer els alumnes. Wang i col·laboradors (2011) van utilitzar observacions d'aula, qüestionaris, entrevistes i els resultats de l'acompliment de tasques dels alumnes per conèixer la seva motivació per a l'aprenentatge i l'alfabetització informacional.

A partir d'aquest tipus d'anàlisi, varis autors analitzen en els seus estudis el diàleg entre alumnes per avaluar les característiques de l'aprenentatge (per exemple: Albarracín, 2014; Jové, 2016) i destaquem com Pifarré i Li (2017) l'analitzen per caracteritzar les habilitats d'aprendre a aprendre junts en un projecte amb l'ús de la wiki. Altres autors analitzen mapes de discussió (per exemple: Kynigos & Moustaki, 2009; Smyrniou et al., 2012). I per últim destaquem que Cañas, Novak i Reiska (2015) proposen l'anàlisi de mapes conceptuals per avaluar tant l'estructura com el contingut dels mapes conceptuals per conèixer el grau de comprensió de la o les persones que els construeixen sobre dominis del coneixement específics. Autors com Kinchin i col·laboradors (2000) han utilitzat l'anàlisi dels mapes conceptuals per identificar errors conceptuals i per identificar quines estratègies educatives poden ajudar a solucionar aquests errors conceptuals.

Nosaltres utilitzarem l'anàlisi qualitatiu de mapes conceptuals per caracteritzar i aprofundir en l'estructura del canvi conceptual que fan els alumnes després de participar en un projecte que fomenta l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació.

3.2.2. Anàlisi quantitatiu

En contrast amb l'anterior, l'anàlisi quantitatiu planteja un abordatge de l'anàlisi de resultats que es basa en la generalització estadística. Es pot abordar des de dos enfocaments diferents de l'estadística: la descriptiva i la inferencial.

La metodologia quantitativa permet, d'un banda, l'estudi de l'**estadística descriptiva** de les variables. No implica l'ús de la probabilitat per obtenir informació sobre dades numèriques. Esdevé una mera descripció quantitativa de les variables de la població estadística a estudi. L'anàlisi descriptiu que es realitzarà de les variables dependrà de si les variables són quantitatives o qualitatives.

D'altra banda, la **inferència estadística** comprèn un conjunt de mètodes i tècniques necessàries per poder fer generalitzacions, prediccions o estimacions (inferències) sobre els paràmetres de la població a partir d'estadístics d'una mostra aleatòria i es basa en la teoria de la probabilitat.

L'ús de qüestionaris és un instrument molt concorregut per avaluar la progressió de l'aprenentatge dels alumnes i també per conèixer el seu punt de partida. La diversitat de qüestionaris pot ser molt àmplia. El disseny pot anar des de propostes de resposta tancada de sí/no o bé de resposta múltiple. El tractament de les respostes quan els qüestionaris són de resposta oberta es fa sovint assignant a les respostes unes categories que poden esdevenir escalars segons l'objectiu de la caracterització. Es pot fer una assignació numèrica a aquestes variables. Per exemple, Badilla-Quintana, Cortada-Pujol i Riera-Romaní (2011) utilitzen els qüestionaris per avaluar els aprenentatges d'alumnes de secundària després que aquests completin una activitat amb suport tecnològic per esbrinar el grau de coneixement de les eines tecnològiques i com les utilitzen. A més, també analitzen

qualitativament la resolució de la tasca a partir dels *logfiles* i les respostes dels alumnes a la tasca encomanada. Sanchez, Wiley i Goldman (2006) han puntuat les produccions de l'alumnat per avaluar el recurs i la qualitat de la informació web.

Un altre exemple de l'ús de qüestionaris en educació és l'estudi de Wegerif i col·laboradors (2016). Han avaluat i comparat com els alumnes resolen individualment i en grup el test de Raven i han atribuït una puntuació per representar els encerts i els errors. Segons aquesta puntuació, els autors infereixen que a partir del pensament de grup, els alumnes obtenen millors resultats en contrast amb el pensament individual.

En resum, la metodologia quantitativa permet comparar les variables entre grups i per tant facilita la generalització de conclusions.

Aplicarem l'anàlisi quantitatiu de resultats de proves d'avaluació per conèixer els coneixements i habilitats d'indagació previs individuals dels alumnes abans de participar al projecte "Bec o no?", el grau d'assoliment grupal de l'aprenentatge després de participar en grup col·laboratiu al projecte i el grau d'interiorització individual dels aprenentatges generats en grup. Tota l'anàlisi estadística que s'ha fet en aquesta tesi doctoral s'ha desenvolupat amb la versió 21 del *software* estadístic *Statistical for Social sciences* (Spss) i el Microsoft Excel 2011.

3.2.3. Anàlisi multimètode

La combinació de metodologies d'anàlisi qualitativa i quantitativa aporta informació rellevant per a una major comprensió de la matèria d'estudi (Lázaro, Marcos & Vegas, 2006). Aquesta combinació es denomina anàlisi multimètode.

A l'estudi de Wegerif i col·laboradors (2016), els autors proposen en diverses ocasions que és important acompanyar l'anàlisi quantitativa amb una anàlisi qualitativa inductiva del procés. Afirmen que així es poden explicar amb més profunditat les causes de l'efectivitat del pensament de grup i que es poden compensar les mancances d'ambdós mètodes.

Barron (2003) utilitza la combinació de mètodes per evidenciar, a partir de la resolució de problemes, quines són les característiques dels grups de treball col·laboratiu que esdevenen exitoses, comparant amb les que no. Així l'autor ha determinat els patrons d'interacció que són més productius per establir un espai dialògic. Des de l'enfocament qualitatiu analitza els elements del diàleg implicats al desenvolupament de la comprensió, basant-se amb les característiques del diàleg efectiu de Mercer (2000). Stahl (2006) també fa una aproximació inductiva similar.

En aquesta tesi utilitzarem la metodologia multimètode ja que la convergència d'avantatges d'ambdues metodologies ens ajudarà a enriquir la comprensió dels processos de construcció del coneixement i l'adquisició d'habilitats i estratègies científiques, tant des del nivell intramental com intermental. Amb l'anàlisi quantitatiu s'oferirà una visió de les tendències generals dels resultats que a partir de l'anàlisi qualitatiu es podran matisar. Per exemple, a l'Estudi 2, a partir de l'anàlisi quantitatiu dels resultats dels alumnes es determinaran els patrons d'evolució dels diferents alumnes participants i a continuació s'estudiaran les característiques i els processos que els individus han après amb la intervenció a partir de l'anàlisi qualitatiu de les produccions dels alumnes. Amb la triangulació d'evidències obtingudes a partir de la combinació de mètodes pretenem que les nostres anàlisis esdevinguin més riques i robustes.

3.3. Tècniques de recopilació d'evidències

Un altre dels aspectes que ens ajuda a definir com plantegem la nostra recerca és el conjunt de tècniques de recollida d'evidències que emprem. Cada tècnica presenta unes particularitats i permet l'obtenció d'unes dades que seran específicament utilitzades per donar resposta a les preguntes de recerca que hem plantejat als nostres estudis. D'altra banda, el tipus de dades que es generaran també determinaran les anàlisis que podrem aplicar a cada cas.

Nosaltres apliquem la triangulació de diverses tècniques d'estudi amb què recorrerem a instruments tant quantitius (prova d'avaluació), que consideren mètodes interactius de recollida de dades, com qualitius (anàlisi de produccions dels alumnes), concebuts com a mètodes no interactius. D'aquesta manera podrem descriure, conèixer i comprendre la realitat de l'objecte d'estudi (Rodríguez, Gil i García, 1996).

Les tècniques que hem plantejat les podem definir en dos conjunts: i) tècniques observacionals i ii) tècniques de reportatge. S'expliquen a continuació.

3.3.1. Tècniques observacionals

Les tècniques observacionals, considerades no interactives, són tècniques fonamentals per a la majoria d'investigacions qualitatives (McMillan & Schumacher, 2005). Les observacions són descripcions detallades de successos, persones, accions i objectes en el propi escenari.

Van Deursen i Van Diepen (2013) recomana, per a l'estudi de casos, l'ús de tècniques observacionals quan es requereix una visió realista dels participants, ja que les interpretacions de les habilitats d'aquests depenen del context (Talja, 2005). Amb aquestes tècniques es pot captar l'entorn, el comportament dels alumnes i altres aspectes del context dels participants.

Però la majoria d'aquestes tècniques no permeten la captura detallada del procés cognitiu i la interacció que es dona entre els alumnes. Per sobrepassar aquest inconvenient, s'utilitzen les gravacions de captura de pantalla amb àudio. Aquesta tècnica es pot assimilar als *logfiles* que hem comentat anteriorment. Així podem conèixer amb detall les accions que els alumnes desenvolupen al llarg del procés.

A la nostra recerca, aquestes accions comprenen la configuració del mapa Metafora, les discussions grupals i com es registren a LASAD, la consulta de recursos web i la creació de documents complementaris, entre altres.

Es concreten a continuació les tècniques que hem utilitzat:

- Gravacions de vídeo:
 - D'allò que succeeix a la pantalla de l'ordinador de treball de cada grup i l'àudio que recull les seves converses en sincronia amb les accions. Programari utilitzat: *Cam-Studio* i *A-tube-catcher*.
 - Seguiment per gravació en càmera de vídeo de tot el treball presencial a l'aula. Es registren les discussions i permet fer el seguiment del llenguatge no verbal.
 - Presentació final dels mapes conceptuals Metafora i LASAD de cada grup; gravació de l'àudio en sincronia amb la pantalla de l'ordinador.

- Accés als *logfiles*, durant la intervenció, dels diferents grups de treball on de manera sincrònica es pot accedir al treball del grup.
- Mapes Metafora finals i mapes de discussió LASAD

Amb aquestes tècniques es pretén conèixer el procés de construcció compartida del coneixement i inferir les característiques del pensament i la cultura de grup. I, més concretament, com els alumnes externalitzen les seves idees i com aquestes són compartides al pla intermental.

3.3.2. Tècniques de reportatge

Aquest tipus de tècniques inclouen qüestionaris d'avaluació, entrevistes i informes de grup entre altres. En recerca educativa, amb aquestes es poden recollir aspectes com l'interès i la motivació dels alumnes, experiències i actituds i el grau d'aprenentatge assolit per aquests, entre altres. Koning, Tabbers, Rikers i Paas (2010) consideren que totes aquestes tècniques permeten examinar els processos cognitius de la tasca subjacent amb èxit.

Els dos grups de tècniques més utilitzats són les concurrents i les simultànies (van Gog, Kester, Nievelein, Giesbers & Paas, 2009). Varis autors (Jarodzka, Scheiter, Gerjet & van Gog, 2010; Schwonke, Berthold & Renke, 2009) consideren que ambdues tècniques permeten fer inferències vàlides sobre els processos d'execució de la tasca subjacent.

Les **tècniques de reportatge concurrent** són les que es realitzen de manera sincrònica a la intervenció. Recullen allò que pensen els alumnes durant el desenvolupament de la tasca en un acte de demanda de verbalització específic. Van Gog (2006) considera que aquesta interpel·lació als alumnes comporta una demanda cognitiva de nivell superior i que pot ser difícil de mantenir en estudiants novells. Nosaltres considerem que, en el cas dels futurs docents, això no suposa un problema. En aquest cas, a la nostra recerca coincidirien amb les tècniques que hem classificat com a observacionals ja que són fruit de la demanda de resolució del repte plantejat a cada grup. A partir d'aquestes pretenem inferir en les característiques i la qualitat del pensament de grup.

Amb les **tècniques de reportatge retrospectiu** es demana als participants que informin dels pensaments que han tingut durant el desenvolupament de la tasca de treball, immediatament després de completar-la (Conrad, Blair & Tracy, 1999; Ericsson & Simon, 1993; van Someren, Barnard & Sandberg, 1994).

Kuhlemeier & Hemker (2007) consideren que aquestes tècniques permeten la formulació de moltes preguntes sobre una àmplia varietat d'habilitats i coneixements en un curt període de temps, relativament fàcils de puntuar i ràpides de processar.

S'especifiquen a continuació les tècniques de reportatge retrospectiu que hem utilitzat a la nostra recerca:

- *Proves d'avaluació ad hoc* individuals per explorar i caracteritzar la generació de significat científic (continguts) i l'adquisició o millora d'habilitats d'indagació. La prova es divideix en diferents preguntes i ha estat dissenyada per avaluar continguts científics i habilitats d'indagació que es despleguen als "ítems d'avaluació". Anomenarem a partir d'ara aquestes proves com a tests.
 - *Pretest i postest*. La mateixa prova d'avaluació es passa als alumnes individualment en dos moments: abans de participar a la intervenció i després d'haver-hi participat. Utilitzem les evidències o resultats que s'obtenen d'aquestes proves de dues maneres:

- *Qualificació del test*: quan tenim en compte la qualificació o valoració total de l'alumne basada amb el còmput dels resultats de tots els ítems. Basant-nos amb Leach, Ametller, Hind, Lewis i Scott (2005), aquest càlcul es fa a partir de la mitjana de resultats de cada ítem.
- *Qualificació de cada ítem del test*: quan considerem per separat la qualificació o valoració de cadascun dels ítems.
- **Avaluació final del treball grupal a Metafora**. S'avalua amb els mateixos ítems amb què s'avaluen les proves d'avaluació. Com en el cas dels test, també distingim entre:
 - qualificació del mapa Metafora
 - qualificació de cada ítem

L'anàlisi quantitativ dels resultats d'aquestes proves esdevindrà clau per conèixer i caracteritzar si el model pedagògic que plantequem ajuda els alumnes a aprendre a aprendre junts continguts i habilitats d'indagació i sobre quins d'aquests aspectes hi tenen mes influència. També ens permetrà conèixer amb detall, a partir de l'anàlisi qualitativ dels resultats, quins han estat els canvis conceptuals i d'habilitats que ha afavorit el nostre model pedagògic.

3.3.2.1. La prova d'avaluació sobre el coneixement científic

La prova d'avaluació de coneixements científics és, com ja s'ha especificat, una tècnica de reportatge retrospectiu. L'utilitzarem als estudis per comparar el nivell de coneixements previs individuals dels alumnes abans de participar al projecte "Bec o no?" (*pretest*) amb el nivell de coneixements assolits després del projecte (*posttest*).

La recerca educativa ha utilitzat les proves d'avaluació com a eina per avaluar el coneixement. Leach i col·laboradors (2005) utilitzen un pretest i un posttest per avaluar l'aprenentatge dels alumnes d'11 a 14 anys, després de participar en seqüències curtes d'ensenyament-aprenentatge sobre física i biologia . En el seu cas, els qüestionaris no són idèntics. Inclouen preguntes on es demana als alumnes fer prediccions de fenòmens i explicar-les. L'anàlisi dels resultats de les respostes a cada pregunta la fan a partir de tres categories, consistent, incompleta o altres, en funció si la predicció és correcta o no i si incorporen allò treballat a l'aula durant l'activitat. A més, calculen un valor numèric relatiu al resultat del test de cada estudiant, a partir de la mitjana dels resultats de cadascuna de les preguntes que configuren el test.

Un altre exemple és com Raes i col·laboradors (2012) utilitzen l'eina del test en un context similar al nostre. Empren la tècnica de pretest i posttest individuals per avaluar l'aprenentatge sobre ciències que han desenvolupat els alumnes de secundària després de participar en un projecte WISE de ciències sobre l'escalfament global, i l'ILE l'ha afavorit. Els tests tenen vuit preguntes: quatre d'aquestes són preguntes obertes i estan dissenyades amb l'objectiu d'avaluar el coneixement sobre continguts científics; i les quatre preguntes restants són de resposta d'opció múltiple i on els alumnes han d'explicar la seva resposta, dissenyades per avaluar les explicacions dels alumnes i la connexió que fan aquests de les idees científiques amb els seus arguments. Els autors categoritzen les respostes dels alumnes a partir de l'adaptació d'una rúbrica d'avaluació del KI (Knowledge Integration) creada per la *Technology-Enhanced Learning in Science Community*. Per realitzar aquesta avaluació, els avaluadors es van entrenar per utilitzar les rúbriques i es va confirmar l'acord entre jutges a partir de la prova ✓Krippendorff (Hayes & Krippendorff, 2007). A la Figura 44 mostrem un exemple de cada tipus de

pregunta i les categories amb què avaluen les respostes dels alumnes. Notem que les categories per avaluar ambdós tipus de preguntes són generals i aplicables a qualsevol pregunta sobre continguts i explicacions de ciències.

Knowledge items	What is the difference between weather and climate? What is the IPCC?
Grade / score	Response description
0	Students have no or incorrect and irrelevant ideas in the given context.
1	Students have some relevant and correct ideas but do not connect them in a given context.
2	There are still incorrect and irrelevant ideas included in the answer.
3	The answer is correct, but rather isolated. Students still fail to connect the relevant ideas.
3	Scientific concepts are explained correct and coherent as a token of a systematic understanding.


Explanation items	Which part of figure B is comparable with the glass on figure A. Thick the right answer and explain your answer. The sun The cosmos The atmosphere
	
Grade / score	Response description
0	Students have no or incorrect and irrelevant ideas in the given context.
1	Correct multiple choice answer, but without further explanation.
2	Correct multiple choice answer with further explanation, but rather isolated and still some incorrect and irrelevant ideas are included
3	Students have correct and relevant ideas but do not fully elaborate links between them in the given context. They still fail to connect the relevant ideas.
4	Students recognize connections between scientific concepts and understand how they interact. They have a systematic understanding and apply this in their explanation and argumentation.

Figura 44. Exemple de preguntes i categories per avaluar la resposta dels alumnes. Al requadre superior, exemple de pregunta oberta que avalua el coneixement sobre continguts científics. Al requadre inferior, exemple de pregunta de resposta múltiple amb explicació amb què s'avalua la connexió que fa l'alumnat entre idees científiques i el seu raonament. Font: adaptat de Raes et al. (2012, pàg. 11)

En darrer lloc, van Aalderen-Smeets, van der Molen, van Hest i Poortman (2016) utilitzen un pretest i un postest en un estudi quasi experimental amb grup de control, per conèixer l'impacte sobre l'actitud dels docents de primària envers l'ensenyament de les ciències i la metodologia de la indagació, després d'haver passat un any implementant un projecte de ciències per indagació a l'escola. En aquest cas van adaptar el qüestionari "Dimensions of Attitude towards Science (DAS)" per avaluar l'actitud dels docents, que és un instrument validat. Per definir les opcions de resposta del test que havien de triar els professors, van utilitzar l'escala de respostes Likert que estableix cinc categories on 1 és totalment en desacord i 5 és totalment d'acord. Un exemple dels ítems que havien de valorar amb l'escala Likert els subjectes de l'estudi era "jo crec que desenvolupar la metodologia d'ensenyament de

les ciències per indagació hauria de ser incorporat com un element estàndard en la tasca dels docents". Les mateixes categories de l'escala Likert van servir per analitzar les respostes i per tant la percepció dels grups definits al seu estudi.

En la nostra recerca, la prova d'avaluació ha estat dissenyada a partir de la revisió bibliogràfica que hem desplegat al Marc teòric i per un comitè d'experts constituït per docents i investigadors de la Universitat de Lleida i professorat de secundària del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya.

En aquesta prova d'avaluació, tant el pretest com el postest tenen les mateixes preguntes, que esdevenen ítems d'avaluació i s'avaluen a partir de les mateixes categories. Liljeström i col·laboradors (2013) també utilitzen un mateix test per avaluar els coneixements previs (pretest) i els aprenentatges (postest) dels alumnes, després d'haver estat durant tres mesos participant en un projecte d'indagació en ciències sobre l'Edat de Gel.

Amb la prova d'avaluació es pretén avaluar un dels tres grups de competències amb què Alake-Tuenter i col·laboradors (2013) defineixen el perfil competencial del professorat per educar amb efectivitat en la indagació científica. El grup de competència que es pretén avaluar amb la prova són les competències sobre el coneixement del contingut científic (CK), que s'orienten al voltant de dos aspectes clau:

- 1) Coneixements sobre "**continguts científics**" i que l'alumnat assoleix a partir de la generació de significat científic i la construcció d'enllaços entre continguts
- 2) L'adquisició o millora d'habilitats científiques implicades en la indagació, que a partir d'ara anomenarem "**habilitats d'indagació**"

La prova consta de nou ítems, on cadascun correspon a una pregunta diferent i s'organitza en dos parts. A la primera part es demana als alumnes que configurin un mapa conceptual disposant com a concepte central "Potabilitat de l'aigua". Per a la segona part ens hem basat en les aportacions de Mislavy i col·laboradors (2002, 2003) i Gobert, Pallant & Daniel (2010), que proposen que les habilitats d'indagació s'avaluin en un context científic on l'alumne desenvolupa aquestes habilitats. Per tant, la segona part consta de vuit preguntes que es vinculen a una investigació real sobre l'estudi de la potabilitat d'unes fonts del Montsec.

A la Taula 18 següent s'especifica l'estructura del test i què es pretén avaluar amb cadascuna de les preguntes:

Part	Pregunta	Ítem què avalua?	
1	Mapa conceptual "Potabilitat de l'aigua"	Integració del coneixement dins d'un marc de relacions entre conceptes i principis (Newton & Newton, 2000; Scott et al., 2011).	Coneixements sobre continguts científics
2	1	Identificació del problema a investigar	Coneixements sobre continguts científics i l'adquisició o millora d'habilitats d'indagació
	2	Formulació i identificació d'hipòtesis	
	3	Identificació de variables i justificació en funció del problema a investigar	
	4	Distinció entre variable dependent i independent	
	5	Objectiu i funció de les mostres control per contrastar els resultats en un experiment. Dissenyar un experiment per resoldre un problema.	
	6	Representació i interpretació de resultats	
	7	Connexió entre disseny experimental i els resultats. Interpretació de resultats	
	8	Elaboració de conclusions	

Taula 18. Descripció general de la prova d'avaluació amb la correspondència entre ítems d'avaluació

La primera part de la prova d'avaluació servirà per conèixer específicament els continguts que han après els alumnes i com els han integrat en una xarxa de relacions (Scott et al., 2011). A la segona part, els diferents ítems s'han dissenyat per avaluar tant els continguts científics que han après els alumnes com l'adquisició o millora d'habilitats d'indagació. A l'Annex 1- Prova d'avaluació del projecte "Bec o no?" es pot consultar la prova d'avaluació amb què es va avaluar els alumnes.

Al llarg dels tres estudis que constitueixen aquesta tesi, utilitzarem dues mesures per a l'avaluació de l'aprenentatge dels alumnes: 1) sumatori del total de la qualificació dels ítems, que anomenarem *qualificació total de la prova*; i 2) la *qualificació de cada ítem*.

A continuació s'explica detalladament les dues parts que constitueixen la prova d'avaluació.

i. Part 1: el mapa conceptual

Des de la perspectiva sociocultural de Vygotsky, els mapes conceptuais es poden utilitzar per identificar la dimensió de la zona de desenvolupament proper d'un domini particular. Així, encomanant a l'alumne que externalitzi les seves idees a partir d'aquesta eina de representació, no només es pot conèixer com aquest estructura les idees, sinó que es poden reconèixer els possibles errors conceptuais de l'alumne (Kinchin et al., 2000). Cañas, Novak i Reiska (2015) afegeixen que, a partir d'un mapa conceptual que produeix un alumne, podem esbrinar la seva comprensió sobre el treball científic.

Cañas, Novak i Reiska (2003), després d'una revisió bibliogràfica sobre les tècniques d'elaboració de mapes conceptuais i les tecnologies que hi donen suport, extreuen de diversos estudis sis usos educatius principals de la construcció de mapes conceptuais:

- Com una bastida per a la comprensió
- per a la consolidació d'experiències educatives
- per millorar les condicions afectives per a l'aprenentatge
- com un ajut o alternativa a l'escriptura tradicional
- per ensenyar el pensament crític
- com una representació mediatra

Els mapes conceptuals s'han utilitzat en recerca per esbrinar quins són els coneixements previs dels alumnes i per identificar enfocaments educatius alternatius per abordar els conceptes erronis. També s'ha usat per fer un seguiment del progrés dels alumnes al llarg del curs, per identificar quins són els aprenentatges que perduren en el temps i per comparar alumnes amb diferents nivells d'aprenentatge, etc. (per exemple: Hoz, Bowman & Kozminsky, 2001; Kinchin et al., 2000).

Quan s'encomana a un alumne la tasca de desenvolupar un mapa conceptual sobre algun domini específic, no es dirigeix a l'alumne ni se'l predetermina a externalitzar en cap direcció concreta. En determinats casos, aquest pot ser l'objectiu dels investigadors. Per exemple, Liljeström i col·laboradors (2013) avaluen els coneixements previs i posteriors demanant als alumnes que dibuixin o escriguin què saben o creuen que saben sobre l'Edat de Gel abans i després de participar en un projecte de ciències per indagació sobre aquesta temàtica. El seu interès no és avaluar el grau d'expertesa dels alumnes, sinó conèixer com han desenvolupat el coneixement a partir de la interacció de grup col·laboratiu i, per , com han incorporat les idees del pla intermental a l'intramental. És per això que per fer aquesta activitat no es van facilitar cap tipus d'ajuda als alumnes sobre què s'hi havia d'escriure. Aquesta és la manera amb què van poder conèixer els seus models mentals. Kärkkäinen, Keinonen, Kukkonen, Hurri i Vesala (2009) també van plantejar un test similar, però en el seu cas, per avaluar els coneixements de l'alumnat sobre l'efecte hivernacle.

Estem d'acord amb Kinchin i col·laboradors (2000) i Cañas i col·laboradors (2015) a apostar per l'ús dels mapes conceptuals com a instrument d'avaluació perquè il·lustren com els alumnes organitzen els aprenentatges a la seva ment. Per tant, podrem conèixer els enllaços conceptuals que generen.

Amb el mapa conceptual que plantegem a la Part 1 de la prova, pretenem avaluar principalment els coneixements sobre continguts científics que tenen els alumnes sobre la potabilitat de l'aigua abans i després de participar al projecte. Així podrem conèixer com comprenen, integren i enllacen les idees científiques en un marc de relacions entre les mateixes. Però amb aquesta activitat també avaluem les habilitats d'indagació que presentem a continuació i que segueixen la classificació que fa Wenning (2005), que hem introduït al Marc teòric. Altres autors també han tingut en compte aquesta classificació (per exemple: Volkinsteine & Namsone, 2016). En l'ordre amb què estan plantejades, van de menor a major demanda cognitiva:

- Bàsiques: descriure relacions entre variables i definir variables.
- Integrades: comunicar i defensar un argument científic.
- Avançades: analitzar i avaluar arguments científics.

Gobert i col·laboradors (2010) demostren que el coneixement sobre continguts científics i les habilitats d'indagació estan estretament relacionades, ja que per construir una explicació científica es requereixen tant continguts com habilitats d'indagació. Tanmateix, els mateixos autors afirmen que també es poden avaluar les habilitats d'indagació de manera dissociada dels continguts.

ii. Part 2: el cas pràctic

La segona part de la prova consta de vuit ítems d'avaluació i cadascun es planteja als alumnes com una pregunta oberta. Aquestes preguntes s'articulen al voltant d'un cas pràctic sobre la potabilitat de l'aigua en unes fonts del Montsec.

A la Figura 45 mostrem aquesta segona part de la prova tal i com es presenta als alumnes. Partim d'una breu exposició del cas pràctic amb una taula de resultats dels diferents paràmetres de potabilitat en diferents èpoques de l'any. A partir d'aquí es plantegen les preguntes als alumnes.

Coneixements treball científic

PART 2

L'Alba Samarra va realitzar un magnífic treball de recerca. Va decidir centrar el tema en la potabilitat de l'aigua de les fonts de la vall d'Àger perquè era la zona on passava la major part dels dies d'estiu, en la casa pariral de la seva família. Des de ben petita bevia de les fonts de la zona, però l'estiu anterior a la realització del seu treball de recerca va veure un cartell on s'hi indicava que l'aigua de la font de la Sort no era potable; al cap d'uns mesos aquest cartell ja no hi era i ara no sabem si podem beure o no d'aquella font.

A continuació teniu el resultat dels anàlisis que va dur a terme l'estiu del 2005

FONT DE LA SORT									
Paràmetres analitzats	FOSFATS (mg/PH/10)	AMONI (mg NH ₄ /l)	NITRITS (mg NO ₂ /l)	NITRATS (mg NO ₃ /l)	COBRES TOTAL (mg COBRES/l)	pH	TEMP. (°C)	Bacteris Aerobis	Agrobacteriis
Nivell de potabilitat	1	0'5	0'1	50	100	9.5	25	Contaminació Baixa	Contaminació Baixa
MOSTRES									
DATA	HORA								
15/07/2005	17:40	0.5	0.2	0.02	60	850	7.0	18	Migjana
16/08/2005	18:20	0.5	0	0.03	60	140	7.25	15	Alta
19/08/2005	20:30	0.5	0	0.03	70	120	7.25	18	Migjana
03/09/2005	12:20	0.1	0	0.05	50	800	7.25	18	Baixa
17/09/2005	19:25	0.6	0.1	0.03	70	850	7.25	16	Alta
02/10/2005	10:30	0.6	0	0.02	70	850	7.75	15	Baixa
13/10/2005	10:25	0.1	0	0.03	30	850	7.25	15	Baixa
19/10/2005	13:30	0.5	0	0.03	60	850	7.25	15	Baixa
12/11/2005	11:40	0	0	0.03	50	850	7.25	14	Nulla
04/12/2005	14:30	0.6	0	0.03	50	850	7.25	11	Baixa

1. A la vista d'aquests resultats quin era el problema que va decidir investigar?
 2. Et sembla que tenia alguna hipòtesi? En cas afirmatiu especifica quina.
 3. Per què va triar analitzar aquests paràmetres?
 4. Per tant quines són les variables dependents i independents d'aquest experiment?

Variable independent: _____
 Variable dependent: _____

5. Et sembla que caldria realitzar algun control en aquests disseny experimental?
 SI

Coneixements treball científic

NO

En què consistiria?

6. Interpreta el gràfic de la concentració de fosfats al llarg del temps i explica les possibles causes dels canvis de concentració.

7. Quins dels paràmetres de la taula de resultats et sembla que mostren evidències significatives per resoldre el plantejament del problema? I explica què significa el seu valor.

Paràmetre	Que significa el seu valor?

8. Que et sembla que va posar l'Alba en les seves conclusions?















Figura 45. Segona part de la prova de coneixements científics

L'objectiu d'avaluació d'aquesta segona part és doble: avaluar els coneixements conceptuals científics d'una banda i, de l'altra, l'adquisició o millora d'habilitats científiques d'indagació.

Per dissenyar els ítems a avaluar amb aquesta prova ens hem basat en el cicle d'indagació que construïm a partir de la revisió bibliogràfica del Marc teòric sobre les etapes i els processos d'indagació. Els autors amb què ens hem basat per configurar les etapes són Bybee (1980), Anastopoulou i col·laboradors (2011), Shimoda i col·laboradors (2002), Schwarts i col·laboradors (1999), Llewelyn (2002), Hakkarainen (2010) i Pedaste i col·laboradors (2015).

Finalment es presenta a la Taula 19 la relació entre cadascuna de les preguntes amb l'ítem que avalua de les habilitats d'indagació i la icona dissenyada des del projecte Metafora i incorporada a Metafora. Distingim entre icones d'etapes i de processos d'indagació, tal com hem exposat al Marc teòric quan al Capítol 5 hem explicat les ajudes a l'aprenentatge dissenyades des del Projecte Metafora. També classifiquem les habilitats que avalua cada pregunta segons la demanda cognitiva que

impliquen en correspondència a la classificació de Wenning (2005): habilitats rudimentàries, bàsiques, integrades i avançades.

Pregunta	Ítem que avalua?	Tipus d'habilitat (Wenning, 2005)	Etapa d'indagació	Procés d'indagació
1- A la vista d'aquests resultats quin era el problema que va decidir investigar?	Identificació del problema a investigar	Bàsica i Integrada	 Plantejar el problema	-
2- Et sembla que tenia alguna hipòtesi? En cas afirmatiu, especifica quina.	Formulació i identificació d'hipòtesis.	Bàsica i Avançada	 Formular hipòtesis	-
3- Per què va triar analitzar aquests paràmetres?	Identificació de variables i justificació en funció del problema a investigar.	Bàsica	 Construir un model	 Avaluar
4- Per tant, quines són les variables dependents i independents d'aquest experiment?	Distinció entre variable dependent i independent.	Bàsica	 Construir un model	 Analitzar
5- Et sembla que caldria realitzar algun control en aquests disseny experimental?	Objectiu i funció de les mostres control per contrastar els resultats en un experiment. Dissenyar un experiment per resoldre un problema.	Bàsica	 Construir un model	 Analitzar
6- Interpreta el gràfic de la concentració de fosfats al llarg del temps i explica les possibles causes dels canvis de concentració.	Representació i interpretació de resultats.	Integrada i Avançada	 Discutir resultats	 Informe  Avaluar
7- Quins dels paràmetres de la taula de resultats et sembla que mostren evidències significatives per resoldre el plantejament del problema? I explica què significa el seu valor.	Connexió entre disseny experimental i els resultats. Interpretació de resultats.	Bàsica, Integrada i Avançada	 Discutir resultats	 Avaluar
8- Què et sembla que va posar l'Alba a les seves conclusions?	Elaboració de conclusions.	Integrada	 Elaborar conclusions	-

Taula 19. Habilitats científiques de la indagació que s'avaluen a la segona part de la prova

ítem. A fi i efecte de poder comparar els resultats d'aprenentatge entre les dues proves d'avaluació i el resultat grupal del projecte, les tres evidències s'avaluaran a partir dels mateixos criteris. A l'Estudi 1 (pàg. 205) s'exposarà amb detall la metodologia i criteris per avaluar les respostes dels alumnes.

CAPÍTOL 2. LA INTERVENCIÓ: EL PROJECTE “BEC O NO?”

A continuació exposem amb detall la intervenció que hem dut a terme amb els alumnes de la matèria d'Aprenentatge de les Ciències Experimentals II del Grau d'Educació Primària de la Universitat de Lleida, que es desenvolupa en l'àmbit d'organització de l'Espai Europeu d'Educació Superior (EEES). Aquesta intervenció es dissenya amb l'objectiu de contribuir a la formació inicial del professorat de ciències en la metodologia de l'IBSE. Les dades generades a partir de la intervenció esdevenen les evidències amb què ens basem per respondre les preguntes de recerca que abordarem als tres estudis amb què es divideix aquesta tesi doctoral.

La intervenció ha consistit en el disseny d'una proposta educativa partint de les característiques metodològiques del projecte Metafora i que, per tant, en comparteix els objectius. Aquesta proposta és un projecte de l'àmbit de les Ciències de la Terra que anomenem “Bec o no?”.

La definició i disseny d'aquest projecte es van dur a terme per un equip format per professorat de secundària especialista, professorat de l'Àrea de Didàctica de les Ciències Experimentals de la Universitat de Lleida experimentat en la matèria i les investigadores que formem part del projecte Metafora i que som membres integrants del grup de recerca CONTIC. Ens vam basar en la revisió bibliogràfica exposada al Marc teòric i amb les competències del mòdul d'Ensenyament i Aprenentatge de les Ciències Experimentals del Grau d'Educació Primària de la UdL. A les properes pàgines revisarem aquests aspectes i exposarem les característiques del projecte plantejat als alumnes.

1. Participants

Els participants amb qui hem comptat per realitzar la present investigació, són quaranta-set alumnes del curs 2012-2013 de la Facultat de Ciències de l'Educació de la Universitat de Lleida, del Grau d'Educació Primària, matriculats a la matèria obligatòria d'Ensenyament i Aprenentatge de les Ciències Experimentals II, de 9 crèdits ECTS. Aquests 47 alumnes es van agrupar en 12 grups de treball de 3-4 alumnes.

2. Model pedagògic i principis educatius

Al Marc teòric hem fet una revisió de les contribucions teòriques i metodològiques amb què ens basem per emmarcar la nostra recerca. Partint d'aquesta revisió, hem establert els criteris per definir el model pedagògic per a l'ensenyament i aprenentatge dialògic de les ciències per indagació amb què ens hem basat per dissenyar el projecte “Bec o no?”. Amb la Figura 47 es pretén representar el marc metodològic amb què es fonamenta la intervenció del projecte “Bec o no?” i que s'exposa a continuació.

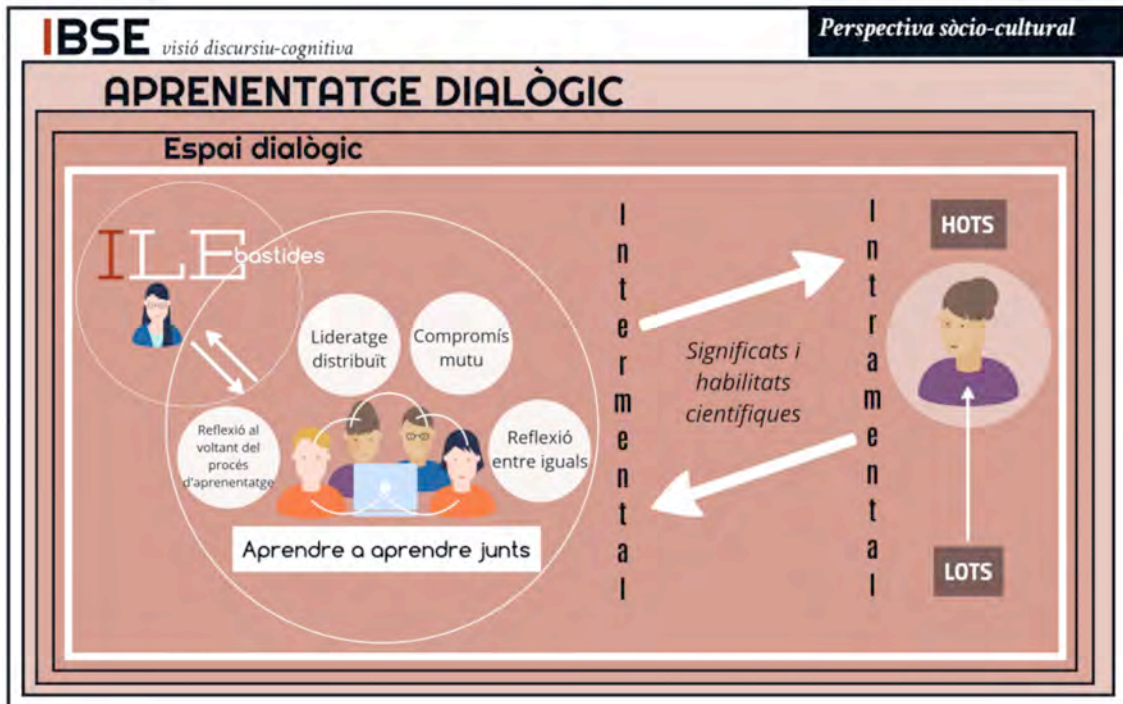


Figura 47. Representació del model pedagògic que definim en aquesta tesi doctoral

El projecte "Bec o no?" es basa en l'enfocament de l'ensenyament-aprenentatge de les ciències que es recull a la proposta de l'IBSE. Optem per una visió discursivocognitiva (Simarro et al., 2013) de la indagació en ciències que prioritzi els aspectes cognitius als manipulatius i que promogui l'aprenentatge d'habilitats indagatives d'ordre superior (Millar et al., 2006) a partir de l'establiment d'un diàleg igualitari i de l'orientació als altres.

En aquesta investigació, la tecnologia esdevé un artefacte cultural (per exemple: Liljeström i col·laboradors, 2013) que dona suport a l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació. Les diverses ajudes a l'aprenentatge (bastides) principalment esdevenen elements integrats a l'ILE Metafora, tot i que també les pot oferir el docent per altres canals. Hem concretat les bastides que s'integren a Metafora, com per exemple les icones de llenguatge visual que suggereixen als alumnes les etapes de la indagació científica, a més de contribuir a l'estructuració del pensament de grup. Com hem descrit al Marc teòric, aquests elements han estat dissenyats per promocionar l'aprenentatge de les ciències i de les matemàtiques des del Projecte Metafora i el Projecte "Bec o no?" és un projecte dissenyat específicament per ser desenvolupat amb Metafora. Amb aquests elements pretenem generar un espai dialògic favorable per al desplegament de les variables clau de l'aprendre a aprendre junts i contribuir al procés d'interiorització i apropiació dels significats i de les habilitats d'indagació construïdes en grup des del pla intermental a l'intramental (Mercer, 2013).

A partir d'aquesta definició del model pedagògic, recollim a continuació tres grans principis educatius del projecte "Bec o no?", que es relacionen amb: 1) el desplegament del model pedagògic, 2) el repte i 3) el rol del docent. De manera implícita a aquestes característiques, s'esdevenen els objectius d'aprenentatge del projecte.

1) El model pedagògic

Es basa en una perspectiva **dialògica** (Aubert et al., 2009; Wegerif, 2010) vinculada a la **perspectiva sociocultural** (Vygotsky, 1978) per ensenyar ciències des d'un enfocament **discursivocognitiu** de l'IBSE (Simarro et al., 2013), on el rol central del diàleg s'esdevé entre els individus i està mediat per Metafora. Els alumnes s'organitzen en grups col·laboratius i se'ls faciliten eines i estratègies per a promoure la interacció en **l'aprendre a aprendre junts** (Pifarré & Li, 2017 en premsa) i per fomentar processos **metacognitius**. Amb Metafora s'ofereix al grup de treball un espai de planificació, reflexió i estructuració, a més d'altres bastides a l'aprenentatge per assistir i desempaquetar els processos que implica la indagació dialògica en ciències, entre les que destaquem el llenguatge visual, on poden recollir el **pensament de grup** amb l'objectiu d'afavorir la generació de **l'espai dialògic** (Wegerif, 2005). D'aquesta manera Metafora actua d'**artefacte mediador cultural** (Dragon et al., 2013) i dona suport al canvi de la **cultura de grup**. L'objectiu últim és que els individus internalitzin des del pla intermental al pla intramental els coneixements sobre **continguts científics** i desenvolupin **habilitats d'indagació** de nivell cognitiu superior (HOTS). L'aprenentatge científic que assolixen els alumnes ha de poder ser **aplicable a altres contextos**. Es fomenta la consciència de l'alumne (metacognició) per fer aquesta generalització dels aprenentatges i reconèixer-ne els principis científics.

2) El repte

El **repte** que planteja el projecte és **significatiu** per als alumnes: està relacionat directament amb ells, el seu entorn i el seu dia a dia i té implicacions socials (per exemple: Haney, Czerniak & Lumpe, 2007; Zeidler, 2014). També és **assequible** i **coherent** amb els recursos disponibles i la dificultat dels continguts segons el nivell educatiu: facilitat d'obtenció de dades i evidències per poder contrastar amb les hipòtesis que formulen els alumnes. Es caracteritza per ser de **final obert**: s'han de poder contemplar múltiples solucions i maneres de resoldre'l (Krajcik & Blumenfeld, 2006). Això implica que els alumnes hagin de redefinir i copsar bé el repte que se'ls proposa i connectar-lo amb les estratègies de resolució pròpies de l'aprenentatge per indagació, gràcies a les ajudes pedagògiques que els oferim. Aprendre i aproximar-se a la solució del repte hauria d'implicar **responsabilitzar-se** amb allò après. Així, en caldria suposar un canvi d'actitud i de manera de relacionar-se amb l'entorn. Per solucionar el repte cal activar el **raonament sociocientífic** (Romine et al., 2016), que implica buscar solucions a qüestions científiques complexes. De tal manera, el repte és intrínsecament **interdisciplinari** (física, química, biologia, geologia i matemàtiques), però a més requereix utilitzar de manera **integrada** una gran amplitud d'eines que faciliten el coneixement, així com l'enfocament des de diferents àmbits com les ciències socials i les llengües.

3) El rol del docent

El professor dona suport a l'abordatge de la complexitat del repte sociocientífic i desenvolupa el rol de **facilitador-activador** de l'aprenentatge (Couso, 2014; Hattie, 2008), de tal manera que acompanya els grups en el procés de construcció del coneixement científic. Aquest facilita que els alumnes siguin els protagonistes principals directes de l'aprenentatge i afavoreix que connectin allò nou amb allò que ja sabien (Bhattacharaya et al., 2009). També fomenta la interacció i el diàleg entre alumnes (Leach & Scott, 2003; Scott et al., 2006). Convé que no perdi de vista en tot moment la naturalesa oberta del repte.

3. Contribució del projecte a la formació dels futurs docents

Al CAPÍTOL 4. LA FORMACIÓ DEL PROFESSORAT DE CIÈNCIES del Marc teòric hem revisat les aportacions de la bibliografia a la formació del professorat. S'ha justificat que és necessari un canvi metodològic en l'ensenyament-aprenentatge de les ciències (Osborne & Dillon, 2008) i que aquest passa per incidir en la formació del professorat (Desimone et al., 2007; Lumpe et al., 2012). Ara per ara, la metodologia d'ensenyament-aprenentatge que rep més suports, tant a nivell institucional com des de la recerca educativa, és l'IBSE (Dillon & Jorde, 2013).

Atenent la consideració que fa Wenning (2011) quan afirma que el professorat no serà capaç d'aplicar a l'aula la proposta metodològica de la indagació sense una comprensió profunda de la mateixa, tant pel que fa a continguts com a habilitats d'indagació, hem dissenyat el projecte formatiu per als futurs docents anomenat "Bec o no?". En aquest projecte es desplega la indagació i amb aquest pretenem que els participants desenvolupin habilitats d'indagació, a més de coneixement de continguts científics.

Abril i col·laboradors (2013) classifiquen els coneixements que han d'assolir els futurs docents entre: **coneixements sobre els continguts de ciències (CK)**, **coneixements pedagògics generals (PK)** i **coneixements de didàctica de les ciències (PCK)**. Amb el projecte "Bec o no?" es pretén que els alumnes participin de manera activa amb la metodologia de la indagació, que contribueix a la formació específica sobre PCK. El model pedagògic que hem exposat a l'apartat o d'aquest capítol (pàg. 175) i que es fa evident al llarg de tot el projecte, contribueix a la formació sobre el PK. Per últim, posat que els alumnes han de participar activament en la resolució del repte científic de final obert, pretenem que aquests aprenguin continguts i habilitats d'indagació, relatius al CK. Alake-Tuenter et al. (2013) han definit el perfil competencial dels docents en tres àmbits CK, PCK i actitudinal, essent aquest darrer que s'afegeix a la proposta d'Abril i col·laboradors (2013). Es pot consultar el detall d'aquest perfil competencial a la Taula 8 de la Part 2- Marc teòric. Considerem que, amb el projecte, també es fomenten **competències actitudinals** relacionades amb les actituds cap a la ciència (importància de la ciència per a la societat, dia a dia i el medi ambient, com a estratègia per conèixer el nostre entorn i el plaer de conèixer-lo) i també sobre el coneixement didàctic del contingut científic. En resum, pretenem que el projecte "Bec o no?" contribueixi a una formació holística i integrada dels futurs docents, tot i que els estudis que s'inclouen en aquesta tesi es centren en l'anàlisi del desenvolupament de les competències sobre el coneixement del contingut científic (CK).

Finalment, el projecte "Bec o no?" es vincula directament amb les vuit **competències que estableix el protocol del Grau d'Educació Primària**, vigent el curs 2012-2013 a la Universitat de Lleida, per al mòdul d'Ensenyament i Aprenentatge de les Ciències Experimentals. Aquest mòdul es desplega en dues matèries: la matèria obligatòria d'Ensenyament i Aprenentatge de les Ciències Experimentals I, de 6 crèdits ECTS a segon curs del Grau, i la matèria obligatòria d'Ensenyament i Aprenentatge de les Ciències Experimentals II, de 9 crèdits ECTS, a tercer curs del Grau. A la Taula 20 s'indica que amb el projecte es promou que els alumnes desenvolupin les vuit competències estipulades per al mòdul.

Competències del mòdul d'Ensenyament i Aprenentatge de les Ciències Experimentals	Projecte "Bec o no?"
1. Comprendre els principis bàsics i les lleis fonamentals de les ciències experimentals (Física, Química, Biologia i Geologia).	✓
2. Conèixer el currículum escolar d'aquestes ciències.	✓
3. Plantejar i resoldre problemes associats amb les ciències a la vida quotidiana.	✓
4. Valorar les ciències com un fet cultural.	✓
5. Reconèixer la mútua influència entre ciència, societat i desenvolupament tecnològic, així com les conductes ciutadanes pertinents, per a procurar un futur sostenible.	✓
6. Desenvolupar i avaluar continguts del currículum mitjançant recursos didàctics apropiats i promoure l'adquisició de competències bàsiques en els estudiants.	✓
7. Dominar les TIC.	✓
8. Expressar-se correctament de manera oral i escrita.	✓

Taula 20. Relació de competències promogudes amb el projecte "Bec o no?" del mòdul d'Ensenyament i Aprenentatge de les Ciències Experimentals establertes al protocol de Grau d'Educació Primària de la Universitat de Lleida

3.1. Àmbit del coneixement on s'emmarca el projecte

Aquest projecte s'emmarca en l'àmbit de les ciències naturals i, més concretament, en la disciplina de les Ciències de la Terra o Geociències.

Gobert i col·laboradors (2010) van identificar que fins l'any 2010 s'havien fet pocs estudis sobre l'avaluació d'habilitats d'indagació desenvolupades en l'àmbit de l'ensenyament de les Geociències. Avui podem dir que, al cap de set anys, poc ha canviat la situació.

En aquesta disciplina hi convergeixen i s'hi integren coneixements tant conceptuals com metodològics que impliquen el desplegament d'habilitats d'indagació de diferents branques: biogeoecologia, geologia, geofísica, geografia física, geoquímica i, fins i tot, ciències socials. Les ciències de la Terra esdevenen una ciència de síntesi, fet que li atribueix un caràcter complex i interdisciplinari. Proposem la representació de la Figura 48 per expressar la idea de convergència i integració de diferents àmbits d'estudi de les ciències que s'apleguen sota el nom de Ciències de la Terra.

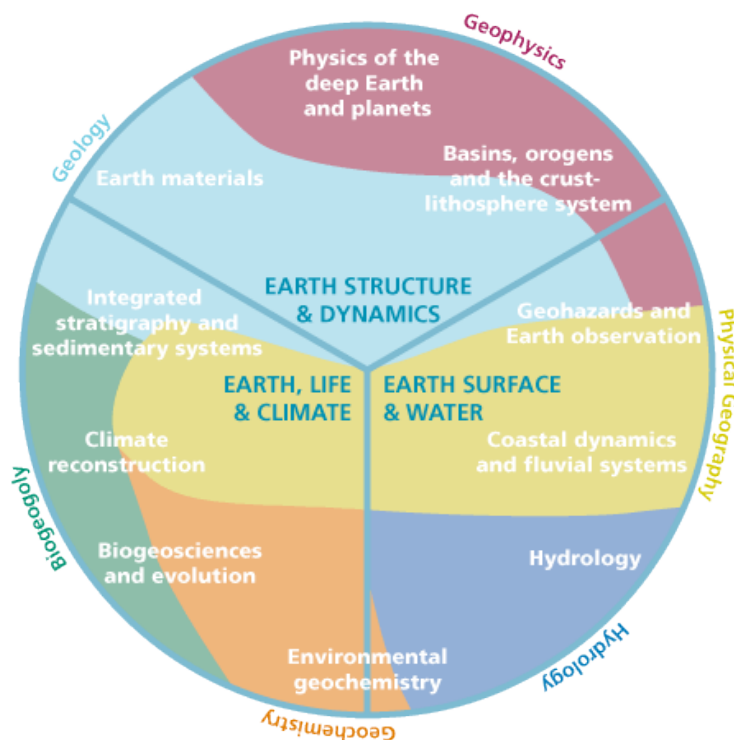


Figura 48. Representació de les interaccions de les ciències integrades en les Ciències de la Terra¹³.

Aquest caràcter holístic de les ciències de la Terra va ser contextualitzat pel biòleg austríac Ludwig von Bertalanffy (1968), qui va proposar l'estudi del nostre planeta des de la **teoria de sistemes**. Entenem per sistema un conjunt d'elements o parts que estan en interacció i que funcionen com una sola entitat.

A aquesta contextualització es suma el biòleg nord-americà Edward O. Wilson (1999), considerat el pare de la sociobiologia, que proposa el concepte de "**conciliació**" per procurar la junció entre les polítiques ambientals, les ciències socials, l'ètica i la biologia. Considera que cada àmbit té el seu propi llenguatge específic, mètodes d'anàlisi i estàndards de validació, però els problemes del món real es donen en la intersecció entre ells. Per poder trobar solucions reals als problemes reals, proposa que ha de ser tota la societat la que ha de poder conciliar la comprensió de les interaccions i donar-hi resposta. En aquesta línia, quan Mercer (2013) posa de manifest la hipòtesi del cervell social (Dunbar, 1998) per aprendre i viure en comunitat, també proposa que ha d'existir un **llenguatge de la comunitat** per interpensar i dialogar amb l'objectiu de construir solucions conjuntes. Alguns dels problemes dels quals s'ocupen les Ciències de la Terra, sovint són problemes socioambientals multifactorials i complexos i les solucions han de construir-se des del coneixement científicament fonamentat i en base als valors democràtics.

¹³

Font: <https://www.uu.nl/en/research/department-of-earth-sciences>

3.1.1. Continguts d'aprenentatge

Amb la proposta didàctica del projecte "Bec o no?" pretenem que els alumnes aprenguin continguts de l'àmbit específic de la hidrologia i que compreguin el riu com un ecosistema, la dinàmica del qual va ser definida per Vannotte, Minshall, Cummins, Sedell i Cushing (1980) amb el concepte de riu com un continu. També pretenem que aprenguin sobre la geodinàmica fluvial, el cicle de l'aigua i els usos de l'aigua.

Definim a continuació de manera més específica quins són els continguts que pretenem que aprenguin els alumnes després de participar en aquest projecte:

- **Aigua potable:** cal que distingeixin entre aigua potable i aigua no potable basant-se en els paràmetres de potabilitat com a criteris científics per fer aquesta distinció.
- **Cicle (natural) de l'aigua:** cal que coneguin el cicle de l'aigua i com s'hi integren els conceptes físics relatius (estats de la matèria). Que hi relacionin l'estacionalitat del clima mediterrani i l'integrin a la atmosfera, litosfera i biosfera.
- **Cicle urbà de l'aigua:** cal que compreguin el cicle urbà de l'aigua. Cal que reconeguin les diferències entre depuradora i potabilitzadora i a quin moment del cicle de l'aigua es situen, així com els processos que es desenvolupen en cadascuna d'elles.
- **Ecosistema riu:** cal que compreguin el riu en la seva globalitat i conceptualització com un ecosistema, amb unes característiques pròpies que el distingeixen d'altres tipus d'ecosistemes. Cal que reconeguin les característiques de la dinàmica d'aquest ecosistema a partir del concepte del riu com un continu (Vannotte et al., 1980). Aportem la representació a la Figura 49.
- **Usos de l'aigua:** que coneguin els usos que fem els humans de l'aigua, els usos racionals i abusius; l'origen i la naturalesa de les fonts de contaminació i l'efecte de la dilució sobre la concentració d'aquests contaminants, així com les repercussions sobre l'ecosistema riu; que relacionin els serveis dels ecosistemes, en aquest cas del riu, amb el benestar dels humans; que valorin i es responsabilitzin de la nova cultura de l'aigua.

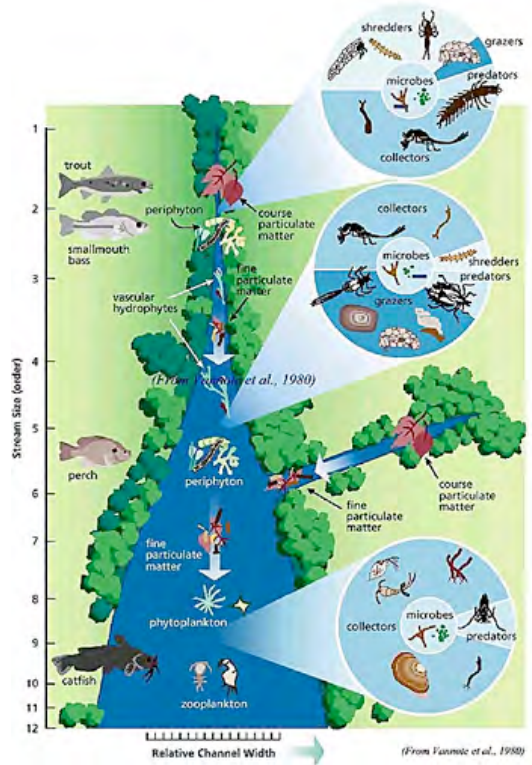


Figura 49. Respresentació del concepte del riu com un continu "River Continuum Concept" de Vannote et al. (1980). Font: *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*, 10/98, by the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG)

4. Materials

Una de les principals característiques d'aquesta intervenció és l'ús de la plataforma tecnològica Metafora (ILE) que està dissenyada per fonamentar i donar suport a l'aprenentatge col·laboratiu de les ciències i les matemàtiques per indagació.

És per això que cada grup de treballa ha de comptar amb:

- Un ordinador portàtil
- un *login* a Metafora
- connexió a internet
- projector i pantalla
- pissarra
- laboratori de ciències experimentals
- material de laboratori per analitzar les anàlisis fisicoquímiques de l'aigua del riu Segre
- material de camp per realitzar el treball de mostreig de camp
- càmera de vídeo
- càmera de fotografiar

Posat que s'ha considerat que en determinats moments del progrés del projecte pot resultar interessant que els grups de quatre alumnes treballin dos a dos, es facilita un segon *login* a Metafora per a cada grup, fet que també comportarà que es requereixi un segon ordinador per grup.

5. Descripció del disseny del projecte

Diverses investigacions han evidenciat que els aspectes relatius al disseny de materials curriculars donen suport a l'aprenentatge dels alumnes sobre fenòmens científics (Per exemple: Geier et al., 2008; Songer, Kelcey & Gotwals, 2009; i Wilson et al., 2010).

S'inicia l'exposició d'aquest disseny fent referència al Marc teòric, on s'han discutit els nivells d'indagació (Banchi & Bell, 2008; Eik et al., 2005; NRC, 2000). Els nivells d'indagació són una proposta per caracteritzar el tipus d'activitats d'IBSE en funció de l'autonomia que es dona a l'alumnat segons si el professor dona de forma predefinida diferents elements propis de la indagació en ciències o bé els alumnes els han d'indagar i decidir per si mateixos. Es considera que, com més autonomia es dona a l'alumne, el rol del professor canvia d'instructor a facilitador-activador de l'aprenentatge.

Es defineixen quatre nivells d'una escala de menys a més autonomia de l'alumne en el desenvolupament d'habilitats i estratègies científiques pròpies de la indagació i de la naturalesa del treball científic autèntic. D'aquests quatre nivells, situem la nostra proposta als dos darrers: indagació guiada i indagació oberta. Principalment, el caràcter de la nostra proposta didàctica és d'indagació oberta però, en aquest cas, no són els alumnes qui escull el *topic* i la pregunta a investigar. Aquesta característica s'inclou dins de la indagació guiada.

Al projecte "Bec o no?" l'objectiu de la indagació és que els alumnes resolguin el repte que es planteja a partir del disseny d'experiments que els permetran confirmar o refutar les seves hipòtesis i a, partir d'això, generar explicacions científiques basades en les evidències que han obtingut. Les preguntes de recerca les han de formular ells mateixos a partir de la comprensió del repte que els plantegem. Però, en efecte, no són ells qui tria el tema de la investigació a desenvolupar. L'objectiu docent del projecte és que els alumnes desenvolupin el raonament científic basat en els paradigmes de la ciència.

5.1. El repte

El repte que plantegem al projecte "Bec o no?" es centra en els continguts sobre hidrobiologia i es focalitza en l'ecosistema riu, la geodinàmica fluvial, el cicle de l'aigua i els usos de l'aigua.

Per ser coherents amb la significació que han de tenir els reptes que plantegem als alumnes, ubiquem el context físic del repte a les aigües del riu Segre que travessa i vertebrada de punta a punta la ciutat on s'emplaça la Universitat, Lleida.

El repte que plantegem és el següent:

L'aigua és el component més abundant dels éssers vius. La nostra ciutat, Lleida, es distribueix al voltant del riu Segre.

- Podem beure l'aigua d'aquest riu? Podries donar evidències científiques per argumentar-ho?

- Què podríem fer perquè aquesta aigua no estigués tan bruta i, fins i tot, fos potable?

- Com podríem comunicar les conclusions de la nostra recerca? A qui ho comunicariem? Quines accions fariem per comunicar les conclusions de la nostra recerca?

Amb aquest repte pretenem generar un conflicte cognitiu als alumnes ja que, de ben segur, alguna vegada a la vida han begut aigua d'un riu, probablement de muntanya, i els plantejem per què no fer-ho del riu que passa per la ciutat.

Aquest repte està disponible durant tot el projecte en una de les pestanyes de Metafora per tal que els alumnes el puguin consultar tantes vegades com sigui necessari. Mostrem a la Figura 50 com es presenta.



The screenshot shows the Metafora platform interface. On the left is a sidebar with navigation tools like 'Herramientas', 'Instrumentos de Planificación', 'LASAD', 'PKI', 'Sara', 'eXpresso', 'Juggler', '3D-Mapa', 'Google', and 'Notas'. The main content area is titled 'Bec o no?' and contains the following text:

Fa uns dies a la Mitjana realitzant l'activitat Aigua i vida, vareu observar diferents adaptacions dels éssers vius a l'aigua. L'aigua, com tots sabeu és el principal component dels éssers vius, i és necessària un aportació constant per compensar les pèrdues. Durant la sortida vareu agafar una mostra d'aigua del riu Segre, que tenim guardada en el laboratori, el que us plantejem és que esbrineu:

- Aquesta aigua és pot beure o no? I si és que no, que investigueu científicament per quina raó no podem fer-ho.

Però fins i tot voldríem arribar una mica més enllà:

- Si la vostra conclusió és que l'aigua no es potable i lo pot provocar problemes en l'ecosistema riu, què podríem fer millorar-ho?
- I un cop finalitzada la vostra investigació, quines accions fariem per comunicar les conclusions de la nostra recerca? A qui ho comunicariem?

Below the text is a photograph of a group of students standing by a riverbank. Underneath the photo is a 'Recursos:' section with the following items:

- Mapes
 - Institut cartogràfic de Catalunya
 - Google earth (mapa de satèl·lit)
- Paràmetres físico-químics i biològics de l'aigua

Figura 50. Pantalla de la plataforma Metafora on s'inclou la presentació del repte del projecte "Bec o no?"

Hem dividit el repte en tres preguntes. L'objectiu és, en primera instància, contribuir a desempaquetar la complexitat del projecte a partir de l'establiment d'una seqüència d'activitats que hauran de desenvolupar els alumnes i que van de menys complexa a més complexa. Així, allò que primer han de definir els alumnes és com determinar si una aigua és potable o no i després ja podran indagar mesures per poder-la potabilitzar.

Les icones de llenguatge visual que incorpora la plataforma Metafora, que ja hem definit àmpliament al Capítol 5. El projecte Metafora del Marc teòric, ajuden els alumnes a estructurar el cicle d'indagació i, en definitiva, contribueixen al guiatge del seu l'aprenentatge. L'aplicació de les icones és completament oberta i flexible de manera que cada grup pot repetir les icones tantes vegades com necessiti en la resolució de cadascun dels reptes. A més, també compten amb la llibertat d'iniciar tants cicles d'indagació com requereixin i la resolució de les preguntes es pot encadenar al mateix mapa Metafora. Tenint en compte aquestes disposicions, exposem a la Taula 21 les tres preguntes que constitueixen el repte, els objectius amb què hem dissenyat cadascuna d'aquestes preguntes i les etapes de la indagació que s'hi vinculen.

Pregunta	Etapes de la indagació vinculades	Objectius
Pregunta 1: “És potable l'aigua del riu Segre?”	<ul style="list-style-type: none"> Explorar Plantejar problema Formular hipòtesis Construir model Discutir resultats Contrastació d'hipòtesis Elaborar conclusions Reflexionar sobre el procés 	<ul style="list-style-type: none"> Situar el context Promoure la revisió dels coneixements previs i la presa de consciència. Situar l'alumne al punt central del repte (escala micro: efectes sobre les persones). Treballar amb una complexitat.
Pregunta 2: “Què podríem fer perquè l'aigua del riu Segre no estigui tan bruta? Podríem potabilitzar-la?”	<ul style="list-style-type: none"> Explorar Plantejar problema Formular hipòtesis Construir model Discutir resultats Contrastació d'hipòtesis Elaborar conclusions Refinar el model Reflexionar sobre el procés 	<ul style="list-style-type: none"> Situar el medi al punt central del repte (escala macro: efectes sobre l'entorn) Incrementar la complexitat.
Pregunta 3: “Quines accions faríeu per comunicar les vostres conclusions?”	<ul style="list-style-type: none"> Reflexionar sobre el procés Preparar comunicació 	<ul style="list-style-type: none"> Connectar els aprenentatges científics amb la vida i l'entorn de l'alumnat. Fomentar l'actitud crítica de l'alumnat. Acompanyar a l'alumne amb la responsabilització de maneres de fer i comprendre l'entorn.

Taula 21. Característiques de les tres preguntes que componen el plantejament del repte.

Les dues primeres preguntes del repte impliquen que els alumnes desenvolupin dos cicles d'indagació, un per a cada pregunta. Per començar, per a la primera pregunta caldrà que situïn, compartint a partir del diàleg, una exploració dels coneixements previs entre els diferents companys del grup i, a partir d'aquesta exploració i de la pregunta de recerca que se'ls ofereix, podran construir les seves hipòtesis. A partir d'aquest moment hauran de desplegar els processos d'indagació que corresponen per acceptar o refutar les seves hipòtesis. Aquests són: construir model i discutir resultats i implicarà que els alumnes decideixin com mostrejar l'aigua i analitzar-la per verificar si compleix els paràmetres de potabilitat. Una vegada hagin obtingut els resultats i els hagin discutit de manera compartida, els alumnes hauran construït un model explicatiu sobre la potabilitat de l'aigua del riu Segre i podran construir les seves conclusions fonamentades científicament. Per a la segona pregunta hauran de desenvolupar un nou cicle d'indagació, però en aquest cas hauran de connectar els coneixements que han construït i les habilitats d'indagació que han desenvolupat amb la primera

pregunta amb el nou plantejament donat que en són el punt de partida. La primera pregunta situa l'alumne com a protagonista del problema plantejat, posat que la potabilitat de l'aigua és un requisit perquè els humans puguem consumir aigua, en aquest cas, del riu Segre. Però a la segona pregunta es planteja un problema més ampli que va més enllà dels usos que té l'aigua per als humans. En aquest sentit, es proposa analitzar la funció de l'aigua en l'ecosistema riu. En aquest punt els grups poden desenvolupar la seva investigació partint de la idea que l'aigua del riu no cal que sigui potable per garantir la qualitat de l'ecosistema, o bé poden orientar-la des dels processos de separació de substàncies de l'aigua i l'esterilització que requereix potabilitzar l'aigua d'un riu.

Les preguntes dos i tres s'han dissenyat amb l'objectiu d'interpel·lar directament l'activació del **raonament sociocientífic** (SSR de "Socio-Scientific Reasoning", en anglès) dels alumnes que implica que pensin en les possibles solucions i treballin per resoldre qüestions sociocientífiques (SSI, de "Socio-Scientific Issues" en anglès) complexes. Romine i col·laboradors (2016) consideren que l'SSR és un conjunt de competències cognitives relacionades que permeten el canvi del pensament naïf i de baix nivell cognitiu al pensament representatiu de maneres d'entendre i resoldre SSI amb fonamentació i sofisticació. Tal com mostrem a l'esquema de la Figura 51, construir argumentacions a partir de l'SSR implica: 1) reconèixer la complexitat inherent de l'SSI; 2) examinar els fets des de múltiples perspectives; 3) comprendre que els SSI són subjectes d'una indagació continuada, i 4) examinar la informació potencialment esbiaixada amb escepticisme.

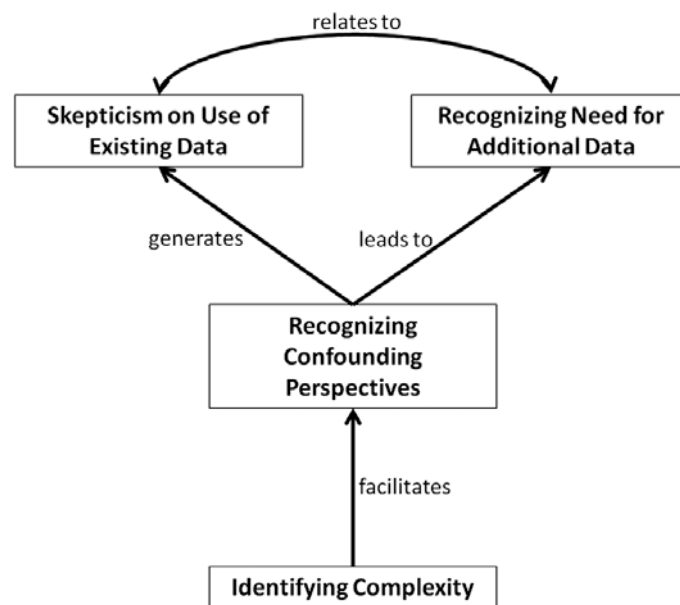


Figura 51. Esquema del raonament sociocientífic. Font: Romine et al. (2016, pàg. 291)

Per últim, la darrera pregunta del repte, on es planteja als alumnes la construcció d'un producte final i de síntesi del projecte, connecta amb el cicle d'indagació progressiva de Hakkarainen (2010) on es demana als alumnes la construcció d'un producte final. Aquest esdevé un objectiu compartit que fa que aquests s'impliquin en el treball de manera més sistemàtica i orientada a l'assoliment dels objectius de treball.

Una vegada presentat el repte, els alumnes han de planificar conjuntament amb el grup la resolució del repte.

5.2. Activitats i ajudes a l'aprenentatge que configuren el projecte

El projecte es divideix en un seguit d'activitats consecutives que ajuden els alumnes a comprendre el funcionament d'una metodologia poc utilitzada en nivells educatius anteriors. A més, de la mateixa manera que plantejem el repte als alumnes dividit en tres preguntes, seqüenciar i dividir el projecte en activitats els ajuda a abordar la complexitat ja que la presenten desempaquetada.

A continuació mostrem a la Taula 22 les activitats en l'ordre que es presenten als alumnes, els objectius docents implícits a cada activitat i finalment el tipus d'ajudes pedagògiques que s'ofereixen a cada activitat. D'acord amb Briggs i col·laboradors (2009) fixar uns objectius clars és imprescindible per dissenyar l'ILE i el projecte.

Les referències que hem emprat per anomenar les ajudes pedagògiques han estat les exposades al Marc teòric. D'aquesta manera, per identificar les ajudes a la indagació utilitzem la classificació de Quintana i col·laboradors (2004) en ajudes a la generació de significat científic, a la gestió del procés d'indagació i a l'articulació i reflexió sobre el procés d'indagació científica. Per a les ajudes a l'aprendre a aprendre junts utilitzem la classificació en ajudes socials, cognitives i de procediment de Bodemer i Dehler (2011). Finalment, també inclourem el moment que s'ofereixen les ajudes segons la caracterització de Irgang et al. (2013) en sincròniques/asincròniques i directes/indirectes.

Activitats del projecte	Objectius docents	Tipus d'ajudes
1. Pretest individual	<ul style="list-style-type: none"> - Conèixer els coneixements previs individuals. - Que l'alumnat conegui el seu punt de partida. - Que l'alumnat s'introdueixi al context del projecte "Bec o no?". 	Generació de significat científic Gestió del procés d'indagació Sincròniques Directes
2. Definició conjunta del significat de les icones	<ul style="list-style-type: none"> - Conèixer els coneixements previs sobre les habilitats d'indagació dels alumnes. - Que cada alumne i els seus companys de grup coneguin els coneixements previs sobre les habilitats d'indagació de cadascú. - Que els alumnes coneguin les icones que tindran disponibles a la plataforma. - Que els grups d'alumnes comencin a establir un diàleg amb un objectiu conjunt a curt termini. - Que els alumnes consensuin un significat compartit i coconstruït entre els seus companys de grup. <p><i>Per a la versió 1:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Que els grups comparteixin i coneguin experiències i referències de treball col·laboratiu que tenen els companys de grup relacionades amb les variables d'aprendre a aprendre junts. - Que els alumnes comencin a establir unes normes de treball per al bon funcionament del grup. - Que els alumnes s'iniciïn en l'ús de Metafora i que explorin les possibilitats que ofereix per estructurar les idees. <p><i>Per a la versió 2:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Que els grups revisin, reflexionin i prenguin consciència de manera compartida del funcionament del grup pel que fa a l'aprendre a aprendre junts. - Que els grups prenguin decisions per a millorar la seva dinàmica de treball en un moment intermedi respecte la durada del projecte. 	Cognitives Gestió del procés d'indagació Sincròniques Directes
3. Mapes conceptuals: "com superar les dificultats de treball en grup?"	<p><i>Per a la versió 1:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Que els alumnes comencin a establir unes normes de treball per al bon funcionament del grup. - Que els alumnes s'iniciïn en l'ús de Metafora i que explorin les possibilitats que ofereix per estructurar les idees. <p><i>Per a la versió 2:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Que els grups revisin, reflexionin i prenguin consciència de manera compartida del funcionament del grup pel que fa a l'aprendre a aprendre junts. - Que els grups prenguin decisions per a millorar la seva dinàmica de treball en un moment intermedi respecte la durada del projecte. 	Socials Cognitives Sincròniques Directes
4. Presentació del repte	<ul style="list-style-type: none"> - Que els membres del grup comparteixin un objectiu comú. - Descomposició d'un problema complex en un repte constituït per tres preguntes per establir límits útils per als alumnes. 	Generació de significat científic Gestió del procés d'indagació Sincròniques/ Asincròniques Directes/ Indirectes
5. Construcció del mapa Metafora	<ul style="list-style-type: none"> - Donar suport a l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació dels alumnes a partir de les bastides a l'aprenentatge que hi són integrades - Oferir a l'alumnat un espai per planificar, recollir i estructurar el pensament de grup 	Generació de significat científic Gestió del procés d'indagació Directes
6. Entrevistes amb la professora	<ul style="list-style-type: none"> - Fer un seguiment del ritme de treball de cada grup i detectar dificultats per ajustar les ajudes a l'aprenentatge i la temporització de les activitats - donar suport i assessorament en la gestió del procés i la generació de significat científic - Proporcionar recordatoris i orientació per facilitar la planificació, el control i l'articulació de les idees durant la generació de significat. - Ressaltar les característiques epistemiques pròpies de la indagació i dels productes científics. 	Generació de significat científic Gestió del procés d'indagació Articulació i reflexió Sincròniques Directes

Activitats del projecte	Objectius docents	Tipus d'ajudes
7. Posades en comú gran grup	<ul style="list-style-type: none"> - Fomentar que els alumnes estructurin un discurs coherent per explicar la seva investigació. - promoure que els alumnes prenguin consciència del seu procés grupal de treball, hi reflexionin i, en definitiva, que activin processos metacognitius. - Compartir punts de vista entre grups i amb la professora. - Reflexionar sobre el treball d'altres grups i les reflexions i aportacions generals de la professora i comparar-ho amb el propi treball per incorporar idees o canviar-les. 	Generació de significat científic Gestió del procés d'indagació Asincròniques Indirectes
8. Presentació final oral del mapa Metafora	<ul style="list-style-type: none"> - Que els alumnes estructurin les seves idees i articulin el seu discurs per exposar-les a la resta de companys. - Que els alumnes prenguin consciència d'allò après i reflexionin sobre com altres companys han resolt el mateix repte. - Conèixer els resultats del treball grupal. 	Generació de significat científic Articulació i reflexió Asincròniques Directes/ Indirectes
9. Postest individual	<ul style="list-style-type: none"> - Conèixer els coneixements assolits individuals. - Que l'alumnat prengui consciència del grau d'aprenentatge assolit amb el projecte. 	Articulació i reflexió Asincròniques Directes
10. Reflexió sobre el projecte	<ul style="list-style-type: none"> - Que els alumnes prenguin consciència i reflexionin sobre el procés de treball grupal, les característiques i la qualitat del canvi de la cultura de grup, les característiques de la metodologia d'ensenyament utilitzada i el tipus d'ajudes a l'aprenentatge, així com l'ús que n'ha fet el grup i quin rol hi ha desenvolupat. 	Articulació i reflexió Asincròniques Directes
11. Programació d'un projecte per a Primària	<ul style="list-style-type: none"> - Que els alumnes apliquin el model pedagògic del projecte "Bec o no?" a una programació d'aula. - Que els alumnes prenguin consciència i reflexionin sobre les característiques de la metodologia d'ensenyament utilitzada i el tipus d'ajudes a l'aprenentatge i com executar-les a l'aula. - Que els alumnes reconeguin la viabilitat de l'aplicació del model pedagògic a l'aula. 	Articulació i reflexió Asincròniques Directes

Taula 22. Síntesi de les activitats d'aprenentatge amb què es divideix el projecte "Bec o no?", objectius docents de cada activitat i la relació amb els tipus d'ajudes a l'aprenentatge que s'ofereixen.

Les activitats 1, 2 i 3 són activitats introductòries al projecte amb què es pretén que els alumnes es familiaritzin amb el context d'aquest pel que fa a l'àmbit científic i als elements metodològics essencials amb què es basa el projecte, l'IBSE i l'aprenentatge dialògic. Les activitats que van de la 4 a la 8 són activitats que es plantegen des del treball en grup i comprenen la part principal de desenvolupament del repte, des que s'exposa als alumnes fins que els grups presenten els mapes Metafora que han produït durant les sessions per resoldre el repte. Les activitats 9, 10 i 11 són de tancament i promouen que els alumnes reflexionin sobre diferents aspectes del projecte: en primer lloc, sobre el seu treball durant el projecte, des del punt de vista dels continguts, les habilitats d'indagació i les habilitats d'aprendre a aprendre en grup que han après; en segon lloc, sobre el model pedagògic i la

metodologia didàctica amb què es basa el projecte i l'aplicació d'ambdós a la programació d'un projecte al nivell de primària. A continuació s'explica en què consisteix cadascuna de les activitats:

1. Pretest

Amb aquesta activitat iniciem el projecte "Bec o no?". Es tracta d'una prova d'avaluació inicial que es proposa que els alumnes completin individualment. A l'apartat 3.3.2.1 (pàgina 165) del Capítol anterior s'ha presentat la descripció detallada d'aquesta prova. Com ja s'ha dit, la mateixa prova es passarà com a darrera activitat del projecte. Els resultats d'aquesta prova es compartiran amb els alumnes a fi i efecte que puguin conèixer el seu nivell de coneixements inicials.

2. Definició conjunta del significat de les icones

Aquesta és la primera activitat on s'encomana als alumnes treballar en grup col·laboratiu. Els grups es mantindran durant tot el projecte. Es faciliten unes taules dividides en dues columnes. A la primera columna, per a cada fila hi ha les icones d'etapes i processos d'indagació que s'inclouen a l'ILE Metafora. A la segona columna es deixa un espai perquè escriguin l'explicació del significat de cada icona.

Per completar aquesta activitat es dona un temps perquè els alumnes discuteixin en grup. Tot seguit es posa en comú en gran grup (a partir d'ara designarem el grup classe d'aquesta manera). Les posades en comú seran recurrents al llarg del projecte i estaran moderades per la docent. En aquestes s'ofereix un espai de meta grup on els grups comparteixen el seu treball conjunt i debaten amb altres companys tot contrastant punts de vista. En aquesta activitat, es tracta d'acordar un significat comú de les icones.

3. Mapa conceptual: com superar les dificultats de treball en grup (versions 1 i 2)

Amb aquesta activitat es presenta als alumnes la plataforma Metafora. Es reparteixen els *logins* i cada grup entra a la seva sessió Metafora. S'expliquen breument les eines per a la construcció dels mapes conceptuals que s'inclouen a l'ILE i es dona temps i espai perquè les descobreixin amb llibertat. S'encomana que construeixin un mapa conceptual que, com a idea central, es proposi "com superar les dificultats de treball en grup?". Els alumnes construeixen una primera versió en un moment que encara no han començat a treballar junts. Amb aquesta activitat es dona l'oportunitat als alumnes que comparteixen experiències anteriorment viscudes respecte el treball col·laboratiu i idees de com gestionar el grup per tal que esdevingui productiu. De manera implícita els grups construeixen i es coresponsabilitzen amb unes normes de treball inicials que queden plasmades en aquesta primera versió del mapa conceptual.

A la meitat del projecte, quan els grups ja han interaccionat durant un temps i els individus s'han format una idea basada en la percepció de com està funcionant el grup, es demana que revisin la primera versió del mapa conceptual per generar una nova versió que respongui a la necessitat d'una reestructuració de les normes de treball.

4. Presentació del repte

Es tracta d'una activitat curta en temps però transcendent ja que amb aquesta s'aporta als alumnes el que esdevindrà el seu objectiu de treball comú: resoldre el repte. El docent mostra a tots els

grups d'alumnes alhora (a partir d'ara anomenarem aquesta organització "gran grup") la pestanya de Metafora on s'ubica el repte i que poden consultar sempre que ho necessitin. Tot just després d'explicar que el repte es divideix en tres preguntes que han d'abordar en l'ordre que es presenten, s'anima als alumnes a començar l'activitat següent, la construcció del mapa Metafora.

5. Construcció del mapa Metafora

Aquesta és l'activitat central del projecte amb què els grups desenvolupen la indagació per donar resposta al repte. Es desenvolupa durant les sessions d'aula, però també es contempla que els grups puguin treballar des de casa, sobretot en cas que algú quedi endarrerit respecte la resta de grups. S'encomana als alumnes treballar amb les funcionalitats que ofereix l'entorn d'aprenentatge per planificar o registrar el pensament de grup i s'exposen les funcionalitats de què disposen, tot i que l'objectiu és que els grups les vagin descobrint mentre treballen. En tot moment el docent està disponible per a resoldre possibles dubtes i donar suport als grups de treball.

En el nostre cas, no hem utilitzat totes les opcions dissenyades a Metafora des del projecte. El principal motiu és que, en el moment de la intervenció, encara no s'havien desenvolupat algunes de les eines, com és el cas de les eines que ajuden als alumnes a prendre consciència del procés d'aprendre a aprendre junts. En aquest sentit, s'han inclòs activitats i estratègies docents per contribuir a aquest aspecte.

Prenent de referència la descripció de les eines integrades a Metafora del Capítol 5 del Marc teòric, les eines que han estat disponibles per als alumnes durant la intervenció del projecte "Bec o no?" són:

- **Eina de planificació (Mapa Metafora):** en aquesta eina els alumnes poden planificar i registrar el pensament de grup per completar la indagació del repte plantejat a partir de mapes conceptuals. Les eines integrades de què disposen per construir els mapes són: icones visuals d'etapes i processos d'indagació, icones visuals d'actituds, connectors, enllaç a LASAD, pàgina del repte i enllaços a recursos documentals relacionats amb el repte, que s'inclouen a la mateixa pestanya del repte (veure Figura 50).

Tot i que al Capítol 2 del Marc teòric hem presentat que el nostre model de cicle d'indagació era obert i que els grups podien configurar-lo amb una certa llibertat pel que fa a l'ordre de les icones, presentem a la Figura 52 com suggerim des de l'equip de treball de Lleida la integració al cicle dialògic d'indagació en ciències els processos o habilitats d'indagació que desempaqueten les grans etapes d'indagació.

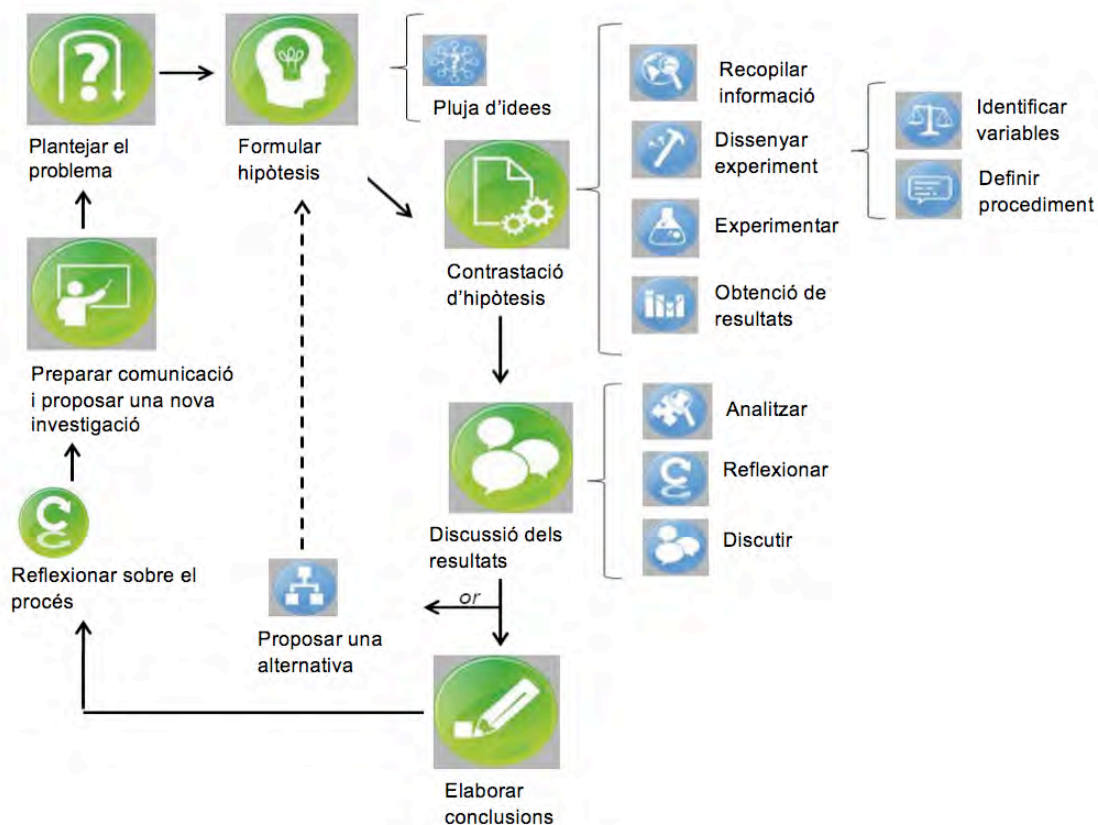


Figura 52. Proposta de cicle d'indagació del grup de treball de la Universitat de Lleida

En aquesta representació hem ajustat els processos que simbolitzen les icones al context del projecte "Bec o no?" que proposem des de la Universitat de Lleida. Destaquem, també, que no utilitzem totes les icones suggerides anteriorment. Tot i que, com ja hem apuntat, es pretén i es possibilita que cada grup d'alumnes dissenyi la seva pròpia estratègia i seqüència d'indagació i la desempaqueti com millor s'ajusti a les seves necessitats segons el context i l'evolució de la comprensió compartida de grup (Pifarré et al., 2012).

- **Eines de discussió:** les funcionalitats del xat i LASAD estan també disponibles per als alumnes. LASAD ofereix una aproximació estructurada a la discussió a través de diagrames d'argumentació (Loll et al., 2012) amb què es pretén millorar les habilitats de discussió i argumentació dels alumnes (Scheuer et al., 2010) per ajudar-los a coordinar el seu diàleg. A LASAD, cadascuna de les contribucions que fan els alumnes han de ser etiquetades segons el tipus, que poden ser afirmació, argument, comentari, informació, idea, pregunta o una opció oberta que poden definir ells mateixos. També cal que etiquetin l'actitud amb què formulen la contribució, entre aquestes: racional, intuïtiva, creativa, positiva, ètica, oberta i crítica. Es tracta d'ajudes cognitives ja que informen del tipus de contribució que aporta un individu i a més, també constitueix una ajuda de procediment, en el sentit que informen als alumnes del moment de treball on es troben.

Finalment, com a eines o recursos no integrats a Metafora, però dels què disposen els alumnes al projecte "Bec o no?" i que estan estretament vinculats amb la resolució del repte, destaquem el **laboratori de ciències experimentals**. Els alumnes disposen dels recursos fungibles per experimentar que es troben al laboratori de la facultat. Concretament, per a l'anàlisi de mostres

d'aigua, se'ls facilita plaques de petri amb medi de cultiu general per a microorganismes, estufa de cultiu i medis de cultiu Hygicult® específics per al creixement d'enterobacteris. També kits per a l'anàlisi d'aigües de visicolor ECO Macherey-Nagel® per a l'anàlisi de: nitrats, nitrits, amoni, fosfats, duresa total i pH. Finalment un sensor de conductivitat. En el moment de recollir la mostra d'aigua, amb un termòmetre podran mesurar la temperatura del riu al punt de mostreig.

6. Entrevistes amb la professora

Aquestes entrevistes, tot i donar-se regularment, no estan planificades ni tampoc tenen caràcter formal en el sentit que es donen segons la necessitat dels alumnes. Generalment es donen a demanda dels grups, tot i que en ocasions poden ser a demanda de la professora. Amb aquestes entrevistes es pretén que els alumnes rebin suport expert i les ajudes específiques que requereixen per solucionar problemes en el moment que els alumnes els detecten. Tanmateix, la pròpia professora, que va fent el seguiment dels grups, pot generar aquest tipus d'interacció motivada per la identificació d'un problema o bé per ajudar els alumnes a estructurar allò que han fet fins al moment i reflexionar-hi. La docent pot oferir punts de vista que els alumnes no havien valorat fins al moment.

7. Posades en comú

Es tracta de moments d'exposició d'idees o del treball fet fins llavors per part dels diferents grups i amb l'audiència del gran grup classe. La docent desenvolupa un rol de dinamització i organització de la posada en comú i de guia en el debat, tot i que sempre vetlla per donar espai suficient als alumnes perquè participin i facin aportacions als companys.

Les posades en comú es donen de manera planificada però també segons les necessitats del grup classe. L'objectiu d'aquesta activitat és donar un sentit de metagrup col·laboratiu al conjunt dels grups que participen al projecte, en què s'estableix un diàleg que cada grup pot reinterpretar i aplicar al seu treball.

Les posades en comú planificades es donen després que la majoria dels grups hagin desenvolupat cadascuna de les etapes de la indagació i la darrera quan tots els grups han completat la resolució del repte i han finalitzat el mapa Metafora. La finalitat d'ubicar-les en aquests moments és que els grups que presenten estructurin i articulin un discurs organitzat per poder exposar a la resta de grups el treball que han fet fins al moment i, d'altra banda, que uns grups assessorin els altres en base a les idees coconstruïdes a partir del diàleg intragrup. D'aquesta manera es fomenta una interacció a nivell d'intergrups on es comparteixen idees, punts de vista i reflexions.

8. Presentació final oral del mapa Metafora

Aquesta activitat és independent a la posada en comú del mapa Metafora final, tot i que en comparteix l'objectiu. Es tracta de que cada grup organitzi i estructurin un discurs per explicar en vint minuts el seu mapa Metafora. S'encomana a cada grup la producció d'un vídeo de captura de pantalla on es vagi navegant pel mapa Metafora i explicant com i què han construït.

Amb aquesta activitat es pretén que els grups organitzin i estructurin un diàleg per connectar les explicacions que han anat construint fruit del diàleg. També que activin processos de metacognició i reflexió sobre el treball ja que han d'oferir una visió general del treball desenvolupat al llarg de diverses sessions.

9. Postest

Aquesta darrera activitat es planteja als alumnes de manera individual. Es tracta d'una prova d'avaluació, que, com hem anotat a l'apartat 3.3.2.1 del Capítol 1 (pàg. 165), està configurada per les mateixes preguntes que la prova inicial (pretest). Amb aquesta prova es pretén conèixer els continguts i habilitats d'indagació que els alumnes han internalitzat individualment des del pla intermental a l'intramental. Els resultats d'aquesta prova es compartiran amb els alumnes a fi i efecte que puguin advertir el seu nivell de coneixement.

10. Reflexió sobre el projecte

L'objectiu principal d'aquesta activitat és la reflexió de grup sobre el treball i sobre el projecte: el canvi i l'evolució que han fet com a grup (canvi de la cultura de grup) i la metodologia d'ensenyament que els ha estat presentada i que han viscut en primera persona. Amb aquesta activitat s'encomana als grups donar resposta per escrit a vuit preguntes que els guien en l'articulació de la seva reflexió sobre el projecte.

Es divideix en dues parts:

- **Part 1:** avaluació del procés de treball en grup.
 - Identifiqueu i reflexioneu sobre els moments clau de l'aprenentatge i l'avenç en grup. Determineu les diferents variables que influeixen l'aprendre a aprendre junts a cada moment clau.
 - Han evolucionat les vostres discussions de grup des que vau començar el projecte? Podeu utilitzar les categories de Mercer (1995) per argumentar-ho.
 - Com han ajudat les icones i la pròpia planificació a la resolució del problema científic que us vam plantejar i en definitiva al vostre treball?

- **Part 2:** avaluació del projecte
 - Com us heu sentit treballant amb aquesta metodologia?
 - Com us sentiríeu com a mestres posant en pràctica aquesta metodologia?
 - Com valoreu la intervenció del professorat en aquest projecte que hem dut a terme?
 - Per què creieu que és interessant que, per resoldre un problema científic en grup, hi hagi un espai per planificar la tasca científica, amb les icones visuals, i un segon espai on dur a terme discussions? Considereu que ha estat útil per al vostre treball?

11. Programació d'un projecte per a Primària

S'encomana als grups, després d'haver reflexionat sobre el model pedagògic d'ensenyament dialògic de les ciències per indagació, dissenyar una aplicació a l'aula d'Educació Primària. Aquesta programació ha d'incloure les característiques d'aquesta metodologia i la temporització de les sessions. D'aquesta manera es pretén que els alumnes apliquin la metodologia que han après durant el projecte.

Metz (1995), influenciat per nocions *piagetianes*, considerava que per treballar a partir d'activitats d'indagació amb un enfocament discursivocognitiu cal haver assolit un cert estat de maduresa mental per poder realitzar certs pensaments complexos. Nosaltres estem en desacord amb aquesta consideració i ens recolzem en el fet que investigacions més recents en pensament











cientificomatemàtic en edats primerenques assenyalen que és important aprofitar les estratègies de raonament dels infants, que en efecte poden i participen en indagacions quan compten amb el recolzament necessari (Metz, 2004; Lehrer & Schauble, 2005).

5.3. Seqüència d'ensenyament-aprenentatge

En aquest apartat s'exposa la seqüenciació i temporització de les activitats que han estat descrites a l'apartat anterior.

El projecte "Bec o no?" consta de nou sessions. Cada sessió té una durada variable fins completar les disset hores de treball presencial a l'aula que es duen a terme durant dos mesos del curs acadèmic. Després d'aquestes sessions consecutives, es va deixar aproximadament un mes de temps perquè cada grup completés la tasca de reflexió sobre el projecte i la programació d'un projecte de ciències a Primària. Durant aquest temps es van oferir sessions de tutoria optatives sota demanda. El projecte finalitza amb l'entrega de les tasques.

A la Taula 23 següent es descriu la programació de les sessions:

Tipus activitat	Sessió	Activitat de la sessió	Durada (h)	Etapa del procés d'indagació
PRESENTACIÓ I ESTABLIMENT DEL GRUP DE TREBALL	1	Presentació general del projecte. Organització i configuració dels grups de treball. Posada a punt dels ordinadors: instal·lació del programari i enllaços de connexió a la plataforma Metafora. Distribució de <i>logins</i> per accedir a Metafora.	1	-
	2	Pretest individual de coneixements previs. Activitat grupal: Construcció d'un mapa conceptual amb l'eina LASAD que respon a " Com superar les dificultats de treball en grup? "	2	-
	3	Posada en comú i definició compartida de les normes bàsiques del treball col·laboratiu	2	-
RESSOLUCIÓ DEL REPTE	4	Presentació del repte Construcció del mapa Metafora: Treball grupal col·laboratiu autònom amb el repte a la plataforma Metafora i LASAD: planificació i definició d'hipòtesi i exploració de coneixements previs fins al disseny experimental per contrastar les hipòtesis. Posades en comú.	4	 Plantejar el problema  Formular hipòtesis  Explorar  Construir un model
	5	Recollida de mostres d'aigua	-	 Construir un model
	6	Posada en comú , en gran grup, del treball realitzat a la sessió anterior. Treball grupal autònom amb el repte a la plataforma Metafora: revisió i enriquiment del treball grupal a partir de la posada en comú.	1	 Experimentar
	7	Planificació, organització i realització dels experiments. Revisió i incorporació de noves variables sobre el mapa conceptual encomanat a la tercera sessió " Com superar les dificultats de treball en grup? "	2	 Discutir resultats
	8	Treball grupal autònom amb el repte a la plataforma Metafora: anàlisi i discussió dels resultats i elaboració de les conclusions. Posada en comú, gran grup.	2	 Elaborar conclusions
	9	Posada en comú final i cloenda. Valoració del treball. Postest individual.	3	 Preparar comunicació
	-	Treball grupal fora de l'aula: realització de la tasca de reflexió sobre el projecte realitzat i la programació d'un projecte de ciències a Primària	-	 Reflexionar sobre el procés
	-		-	

Taula 23. Seqüència didàctica del projecte "Bec o no", realitzada amb els alumnes de Tercer curs del Grau d'Educació Primària. Es disposen en negreta les activitats amb què es divideix el projecte

PART 4- Estudis

1. Introducció

Per introduir els 3 Estudis que s'inclouen a la present tesi doctoral, es representa visualment, a la Figura 53, un esquema general de relacions entre el disseny de la recerca i la ubicació dels estudis. Utilitzarem esquemes similars a aquest en cadascun dels estudis per sintetitzar i facilitar la comprensió de l'organització de cadascun.

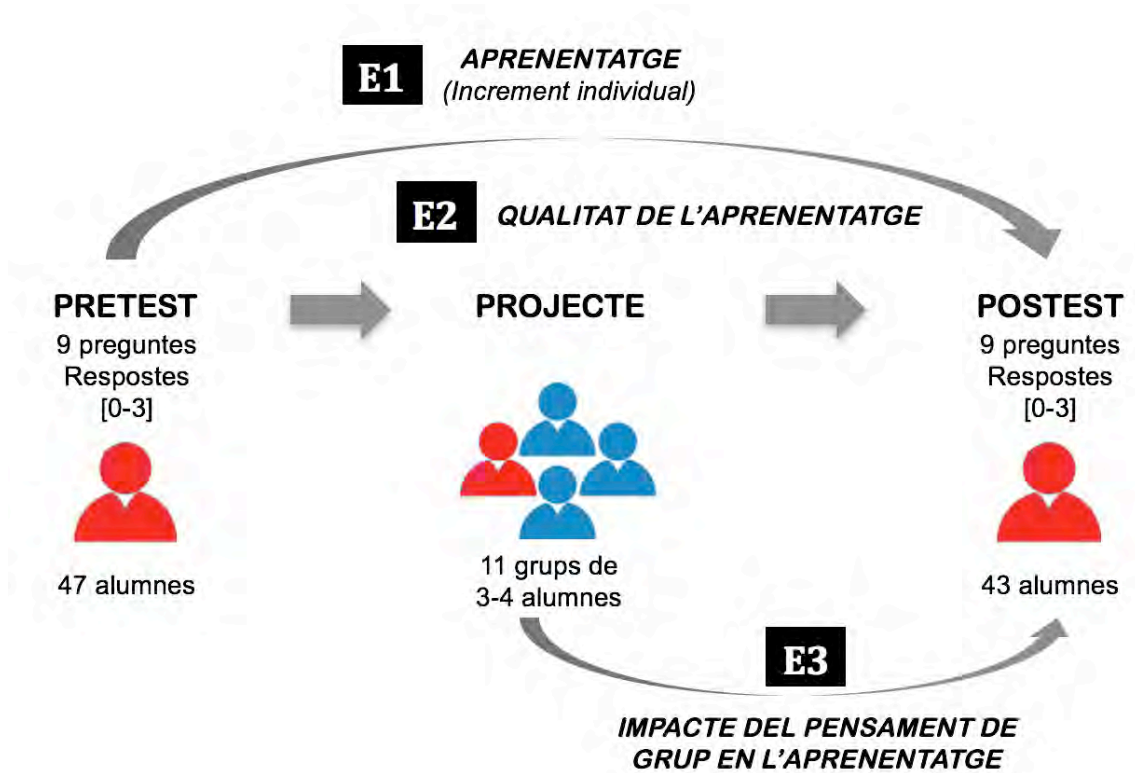


Figura 53. Representació dels elements que conformen la recerca i la relació entre ells. Identificació dels quatre estudis.

Al primer estudi pretenem constatar si el projecte "Bec o no?" ha contribuït a l'aprenentatge individual i les evidències que s'utilitzen són els resultats de les proves d'avaluació inicial i final. Al segon estudi aprofundim en quins continguts i quines habilitats d'indagació han après o millorat els individus. Finalment, amb el tercer estudi pretenem conèixer l'impacte del treball de grup durant la intervenció en l'aprenentatge individual, a partir de la mesura del pensament de grup proposat per Wegerif i col·laboradors (2016).

Per acabar, es concreta a la Taula 24 cadascun dels tres estudis: la relació d'objectius, metodologia, tècniques, participants i instruments que s'utilitzaran per analitzar les dades.

Preguntes de recerca de cada estudi	Objectiu de l'estudi	Aproximació metodològica	Tècniques	Tècniques de reportatge	Participants	Instruments d'anàlisi
E1. Els alumnes aprenen coneixements científics quan participen en la intervenció basada en l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació amb l'ús de <i>Metafora</i> ?	<ul style="list-style-type: none"> Quantificar els resultats dels alumnes a la prova d'avaluació pel que fa a coneixements científics (continguts científics i habilitats d'indagació) Conèixer si hi ha hagut aprenentatge atribuïble a la intervenció basada en el model pedagògic plantejat al projecte "Bec o no?" 	Quantitatiu	Pretest i postest	Test: Qualificacions de tots els participants de pretest i postest	47 alumnes de 3r curs del Grau d'Educació primària	Test de Cohen's Kappa Estadística descriptiva i inferencial Test de contrast d'hipòtesis
E2. 1) Quins coneixements sobre fets i conceptes científics han construït els alumnes a partir de la intervenció i quines relacions han establert entre aquests? (generació de significat científic i construcció d'enllaços) 2) Quines habilitats científiques d'indagació han desenvolupat? La intervenció promou el desenvolupament d'habilitats d'indagació de diferent demanda cognitiva? Les habilitats que han après els permeten desenvolupar el cicle d'indagació?	<ul style="list-style-type: none"> Estudiar com el model pedagògic afavoreix la millora dels alumnes en coneixements sobre fets i conceptes científics i l'adquisició o millora d'habilitats científiques d'indagació. Aprofundir en l'estudi qualitatiu de l'evolució de la construcció i integració de fets i conceptes científics que han desenvolupat els alumnes a partir de la generació del significat científic i la construcció d'enllaços entre idees. Conèixer si el projecte "Bec o no?" promou el desenvolupament i l'aprenentatge d'habilitats d'indagació que impliquen els diferents nivells de demanda cognitiva i permeten desenvolupar el cicle d'indagació. 	Multimètode	Mapa Metafora i presentació final oral del mapa Metafora	Test: Qualificacions de tots els participants de cada ítem avaluat a pretest i postest	47 alumnes de 3r curs del Grau d'Educació primària	Estadística descriptiva
E3. 1) Quin és l'impacte de la participació en grup en un projecte fonamentat en l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació i mediat per la tecnologia en l'aprenentatge individual dels futurs docents? 2) Quina incidència té el treball en grup en el resultat d'avaluació del Projecte?	<ul style="list-style-type: none"> Avaluar l'impacte del treball en grup sobre l'aprenentatge individual. Avaluar el valor que afegeix el pensament de grup a la qualitat del resultat del Projecte. 	Multimètode	Pretest, Mapa Metafora, presentació final oral del mapa Metafora i postest	Test: Qualificacions de test i per ítems de tots els participants de: pretest, postest i mapes Metafora de tots els individus i grups	43 alumnes de 3r curs del Grau d'Educació primària organitzats en 11 grups	Estadística descriptiva i inferencial Test de contrast d'hipòtesis Correlacions Mesura del pensament de grup (Wegerif et al., 2016)

Taula 24. Relació d'objectius, metodologia, tècniques, participants i instruments d'anàlisi per a cadascun dels tres estudis en què es divideix aquesta tesi doctoral

E1. ESTUDI DELS RESULTATS D'APRENTATGE

1. Introducció

Obrim aquest apartat amb un primer estudi que ens aportarà evidències sobre el desenvolupament d'habilitats científiques d'indagació i l'aprenentatge de significats científics per part dels alumnes, després d'haver participat al projecte "Bec o no?". Inferirem l'aprenentatge dels alumnes a partir de la prova d'avaluació descrita al capítol 1 de la PART 3- Disseny de la Recerca. Aquesta prova ha estat dissenyada per avaluar els coneixements científics, que comprenen tant la generació de significats científics com les habilitats d'indagació. Tanmateix, en aquest primer estudi no farem ús d'aquesta distinció. Ens basarem en la comparació entre els resultats finals de cada alumne de pretest i postest. Serà al proper estudi on ens ocuparem amb detall de les diferències en l'aprenentatge de continguts i el d'habilitats d'indagació.

2. Pregunta de recerca

En aquest primer estudi es pretén donar resposta a la següent pregunta de recerca:

1. Els alumnes aprenen coneixements científics quan participen en la intervenció basada en l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació amb l'ús de Metafora?

3. Objectius de recerca

Els objectius que es plantegen per aquest primer estudi són dos:

- Quantificar els resultats dels alumnes a la prova d'avaluació pel que fa a coneixements científics (continguts científics i habilitats d'indagació)
- Conèixer si hi ha hagut aprenentatge atribuïble a la intervenció basada en el model pedagògic plantejat al projecte "Bec o no?"

4. Metodologia

4.1. Participants

En aquest primer estudi hi participen 47 alumnes, que formen el grup classe de tercer curs de l'any acadèmic 2012-2013 del Grau d'Educació Primària de la UdL i de l'assignatura d'Aprenentatge de les Ciències Experimentals II.

4.2. Materials

Els resultats de l'aprenentatge pel que fa a la generació de significat científic i habilitats d'indagació, que han estat avaluats a partir de l'anàlisi i comparació de:

- Resultats de la prova d'avaluació de coneixements científics previs (pretest)
- Resultats de la prova d'avaluació de coneixements científics assolits (postest)

4.3. Disseny i procediment d'anàlisi de dades

A continuació, s'especifica a la Taula 25 i es representa a la Figura 54 la relació entre la pregunta de recerca que ens ocupa en aquest estudi, l'objectiu de l'estudi i les dades que s'analitzaran per donar resposta a la nostra pregunta:

Pregunta de recerca de l'estudi	<i>E1. Els alumnes aprenen coneixements científics quan participen en la intervenció basada en l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació amb l'ús de Metafora?</i>
Participants	47 alumnes de 3r curs del Grau d'Educació Primària
Aproximació metodològica	Anàlisi quantitatiu
Tècniques de reportatge	Prova d'avaluació: Pretest i Postest
Instruments d'anàlisi	Test Kappa de Cohen Estadística descriptiva i inferencial Test de contrast d'hipòtesis

Taula 25. Organització de l'estudi 1

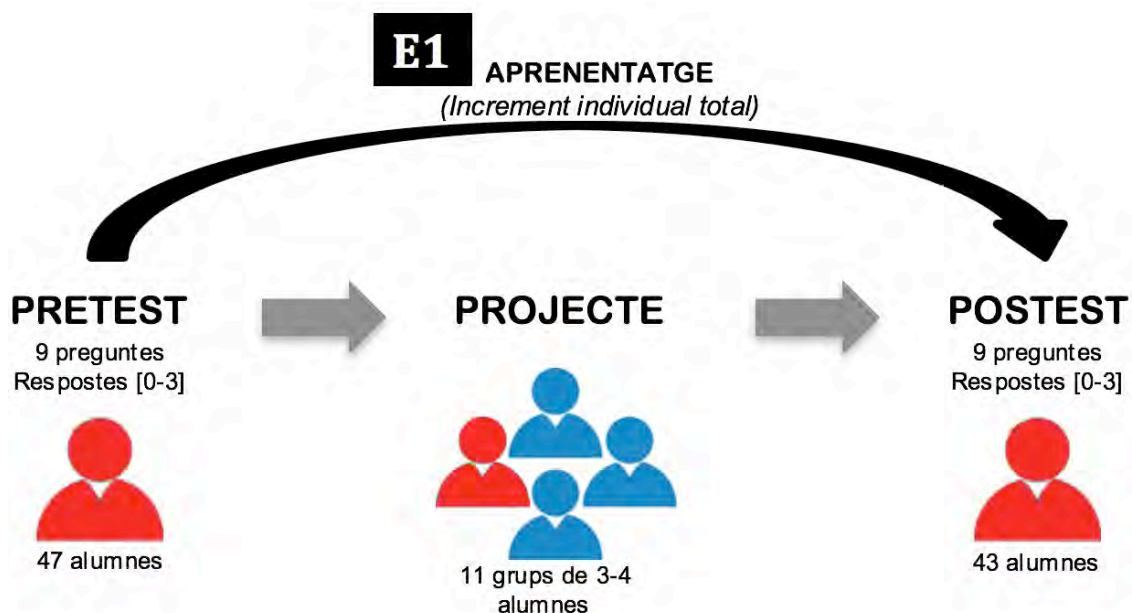


Figura 54. Representació dels elements que conformen l'Estudi 1 i la relació entre ells

Per esbrinar si s'han assolit el coneixement del contingut científic i, en definitiva, si hi ha hagut aprenentatge científic després de participar al projecte "Bec o no?", es comparà el punt de partida inicial de l'alumnat amb els aprenentatges interioritzats individualment. Les evidències amb què es compta són els resultats de pretest i postest de cada alumne.

Prenem de referència autors com Leach i col·laboradors (2005), Raes i col·laboradors (2012) i Alderen-Smeets i col·laboradors (2017), que també han utilitzat proves d'avaluació per conèixer l'evolució dels alumnes després de participar en instruccions amb l'ús d'ILE.

Tal i com s'ha descrit a la PART 3- Disseny de la Recerca, la prova *ad hoc* consta de dues parts: 1) Mapa conceptual sobre la potabilitat de l'aigua i 2) cas pràctic sobre la valoració de la potabilitat de les fonts del Montsec. Liljeström i col·laboradors (2013) van dissenyar una prova d'avaluació *ad hoc* que passaven als alumnes en un moment previ i en un moment posterior a la intervenció per avaluar els aprenentatges assolits pels alumnes. Ambdues proves tenien les mateixes preguntes. Nosaltres

utilitzem la mateixa metodologia que els autors i, per tant, pretest i postest presenten les mateixes preguntes.

A continuació es descriu com s'avaluen els resultats dels alumnes en aquestes proves.

4.3.1. Avaluació dels resultats de la prova

Posat que ambdós tests tenen les mateixes preguntes, s'avaluaran les respostes dels alumnes de la mateixa manera, com han fet també Liljeström i col·laboradors (2013). Per tant, els resultats seran comparables entre ells.

Per tal de vetllar per l'objectivitat, sistematitzarem el mecanisme d'avaluació de cada pregunta. Com hem explicat a la PART 3- Disseny de la Recerca, cada pregunta avalua un ítem clau en la indagació en ciències, ja sigui sobre generació de significats científics o bé sobre habilitats d'indagació. Tot i que, com ja hem dit, en aquest primer estudi no utilitzarem aquesta distinció.

4.3.1.1. Construcció de les categories per avaluar els ítems

Ens basem en les categories que Kai Hakkarainen i col·laboradors (2003) proposen per avaluar el nivell de construcció de les explicacions ("mean level of explanation") que empren en un estudi on es proposen examinar l'emergència de la cultura de la indagació progressiva en un context de CSCL. Els autors analitzen com la naturalesa epistemològica del procés d'aprenentatge, realitzat en entorns d'aprenentatge intencionals assistits per ordinador (CSILE, concretament el "Knowledge Forum"), canvia al llarg de tres anys. CSILE és un entorn d'aprenentatge en xarxa que fomenta processos d'indagació de nivell superior a l'educació primària.

Hakkarainen (2003) proposa una rúbrica escalar de cinc categories on "0" és el valor mínim i "3" el màxim: 0- Absència de resposta; 1- Fets no organitzats; 2- Fets organitzats; 3- Explicació parcial, i 4- Explicació.

D'aquesta manera, les respostes dels alumnes esdevenen una variable qualitativa de tipus ordinal.

Nosaltres ajustem l'escala a quatre categories (0, 1, 2 i 3). Considerem oportú combinar les categories 1 i 2 que proposen els autors per alumnat de primària, ja que ambdues representen fets i no explicacions, i per al nivell de desenvolupament cognitiu de l'alumnat Universitari considerem que no és significatiu distingir entre fets organitzats o no organitzats.

D'aquesta manera, definim a continuació la nostra proposta de categories construïda a partir de les de Hakkarainen i col·laboradors (2003):

- 0- L'alumne no respon
- 1- **Fets no organitzats i/o Fets organitzats:** L'alumne respon però les seves explicacions descriuen fragments separats de fets
- 2- **Explicació parcial:** L'alumne exposa fets organitzats o explicacions parcials
- 3- **Explicació:** L'alumne construeix una explicació completa

A la Taula 26 es presenta la descripció d'aquestes categories:

Nivell	Nom de la categoria	Descripció
1	Fets no organitzats i/o Fets organitzats	<i>Fets no organitzats:</i> Organització simple o llistes dels fets o evidències sense gairebé connexió ni integració entre ells. Poca o gens coherència i integració. De vegades, costa de comprendre la construcció que fa l'alumne. La resposta no és correcta. <i>Fets organitzats:</i> Organització suficient i correcta dels fets. Descripcions insuficientment connectades amb causes profundes ni explicacions dels fets. Idees que presenten característiques d'explicació, però el contingut de l'explicació és limitat o parcialment articulat. Certs aspectes importants de l'explicació queden oberts. Es construeixen com assaigs exploratoris d'una explicació; es requeririen clarificacions per categoritzar-se com a explicació. Construccions relativament ben elaborades, que es caracteritzen per contenir explicacions genuïnes (epistemologia personalitzada, quan l'alumne/a elabora una idea que conté referències explícites personals com "la meva teoria", "jo crec/penso que", "la meva idea", ...).
2	Explicació parcial	L'alumne construeix clarament i elabora les seves pròpies explicacions científiques.
3	Explicació	S'expliciten explicacions funcionals, empíriques o teòriques. Contenen postulats de causes, relacions de causa-efecte, raons o entitats teòriques.

Taula 26. Descripció de les categories del nivell de construcció de les explicacions, basada en Hakkarainen i col.laboradors (2003)

A causa de la complexitat de les preguntes del test, i per garantir la fiabilitat i objectivitat en l'avaluació dels ítems, s'ha aplicat cadascuna d'aquestes categories al context de cada pregunta. És per això que elaborem a la Taula 27 la descripció de cadascuna de les categories per a cada pregunta.

Abans però, deixem constància que en el cas de la primera part del test, el mapa conceptual sobre la potabilitat de l'aigua, a més de considerar les categories que hem descrit, també incorporarem la proposta que fan Kinchin i col.laboradors (2000) per valorar els nivells de connexió entre idees d'un mapa conceptual. Tanmateix això ens ocuparà el segon estudi, on discutirem i justificarem la nostra proposta.

PART 1: GENERACIÓ DE SIGNIFICAT CIENTÍFIC

Mapa conceptual "Potabilitat de l'aigua" (MC)

0. No contesta

1.. Reconeix cap o com a mínim un d'aquests conceptes clau que presenta com a fets no organitzats o organitzats: aigua potable, distingeix depuradora de potabilitzadora, paràmetres de potabilitat i contaminants i el seu origen. *Estructura del mapa conceptual radial o en cadena.*

2. Reconeix entre dos i tres conceptes clau que elabora les idees a nivell d'explicacions parcials: aigua potable, distingeix depuradora de potabilitzadora, paràmetres de potabilitat i contaminants i el seu origen. *Estructura del mapa conceptual en cadena o xarxa.*

3. Reconeix els quatre conceptes clau i els elabora a nivell d'explicació: aigua potable, depuradora de potabilitzadora, paràmetres de potabilitat i contaminants i el seu origen. *Estructura del mapa conceptual en xarxa.*

PART 2: ADQUISICIÓ O MILLORA D'HABILITATS D'INDAGACIÓ

1. Quin era el problema que van decidir investigar? IDENTIFICACIÓ DEL PROBLEMA A INVESTIGAR (PI)

0. No contesta

1. Preguntes que no s'ajusten completament, estan mal expressades i/o no estan plantejades com a pregunta directa o indirecta. (P. ex. "El nivell de contaminació de l'aigua.", "Quina era la quantitat de bacteris de l'aigua i la concentració de cada paràmetre.")

2. Preguntes on no s'acaba la idea, no està ben articulada i/o està ben expressada però no està plantejada com una pregunta directa o indirecta, queda oberta i poc definida. I preguntes descontextualitzades. *Anota varies coses, pot incloure la resposta correcta, però no distingeix la més important i resposta correcta. (Ex. "Si es podia beure de manera saludable.")*

3. Resposta correcta: És potable l'aigua de les fonts de la vall d'Àger? O el perquè del cartell. (pregunta directa o indirecta)

2. Et sembla que tenien alguna hipòtesi? FORMULACIÓ I IDENTIFICACIÓ D'HIPÒTESIS (H)

0. No contesta

1. Fets inexactes, les respostes no corresponen a la hipòtesi. Contesta no o sí, però no dona cap hipòtesi o dona una hipòtesi incorrecta.

2. Contesta sí, però malgrat que s'intueix que la resposta és correcta, no explica la hipòtesi parcialment. S'accepten sinònims de potabilitat.

3. Respostes correctes, explicacions completes: "sí, l'aigua de la font de la Sort és potable, perquè l'he begut tota la vida". "No, no és potable, perquè hi ha el cartell". "Sí, l'aigua és potable perquè no hi ha el cartell". La hipòtesi ha de respondre a la pregunta de plantejament del problema. S'accepten sinònims de potabilitat.

3. Per què van triar analitzar aquests paràmetres? IDENTIFICACIÓ DE VARIABLES I JUSTIFICACIÓ EN FUNCIÓ DEL PROBLEMA A INVESTIGAR (V)

0. No contesta

1. Fets inexactes o no relacionades amb el tema. (p. ex. "Perquè són els components de l'aigua.")

2. Explicacions inexactes on no s'acaba d'expressar bé la idea. (p. ex. "Per què segons si són alts o baixos l'aigua serà menys nociva pel cos o més o menys saludable.")

3. Justificació argumentada basada en els criteris de potabilitat, explicació completa. (p. ex. "Perquè la normativa de sanitat pública estableix que són els indicadors de potabilitat de l'aigua.")

4. Per tant quines són les variables dependents i independents d'aquest experiment? DISTINCIÓ ENTRE VARIABLE DEPENDENT I INDEPENDENT (VD/I)

0. No contesta

1. Fets inexactes o no relacionats amb el tema. Error en identificar les variables independents i les dependents.

2. Només explica bé una variables o ambdues però, a les explicacions, no s'acaba d'expressar bé la idea, són inexactes.

3. L'explicació completa és: "les variables independents són els paràmetres analitzats, la temperatura, la conductivitat, la concentració d'amoni, nitrats, nitrats, fosfats i la presència de microorganismes.

Les variables dependents: l'aigua és potable o no?

5. Et sembla que caldria realitzar algun control en aquest disseny experimental? OBJECTIU I FUNCIO DE LES MOSTRES CONTROL PER CONTRASTAR ELS RESULTATS EN UN EXPERIMENT. DISSENYAR UN EXPERIMENT PER RESOLDRE UN PROBLEMA. (DE)

0. No contesta o només contesta sí/no.

1. Contesta, però dona una resposta errònia relativa a fets no organitzats.

2. No expressa bé la resposta correcta, es queda a l'explicació parcial. Entre altres, argumentacions que no són correctes o no s'adeqüen a la pregunta i, per tant, no es comprèn bé el concepte "control" (grup o mostra on no es fa el tractament per poder després comparar els resultats de la mostra analitzada). En moltes ocasions, s'entén control com el mètode o procés de supervisar el disseny experimental. Barreja resposta correcta amb altres d'incorrectes.

3. Explicació completa: S'accepta un "no", si expliquen que per saber la potabilitat de l'aigua ja hi ha uns intervals establerts. S'accepta un "sí", si argumenten fer anàlisi per *kit* de colorimetria i, per tant, cal el control per eliminar interferències del color de l'aigua del riu.

6. Interpreta el gràfic de la concentració de fosfats al llarg del temps i explica les possibles causes dels canvis de concentració. REPRESENTACIÓ I INTERPRETACIÓ DE RESULTATS (RIR)

0. No respon

1. Fets no organitzats o no relacionats amb el tema.

2. Explica parcialment el gràfic (variable nivells potabilitat, variable nivells Font de la Sort, variable temps relacionat amb les estacions i evolució), però s'equivoca en l'argumentació; o explica l'argumentació (es contempen explicacions inexactes) i s'equivoca o no explica el gràfic.

3. Explica correctament ("els purins i adobs i detergents contenen grans quantitats de fosfats. Es renten dels camps per efecte de les pluges i el reg i s'infiltra a l'aquífer de la font") i descriu i concreta les variables que formen el gràfic.

7. Quins d'aquests paràmetres et sembla que mostren resultats significatius per resoldre el plantejament del problema? CONNEXIÓ ENTRE DISSENY EXPERIMENTAL I ELS RESULTATS. INTERPRETACIÓ DE RESULTATS (DE/R)

0. No respon

1. Fets inexactes, explicacions no relacionades amb el tema o anota tots els paràmetres.

2. Explicació parcial: identifica com a mínim que són els paràmetres següents: Fosfats, Nitrats i Microorganismes. Explicar el seu valor no és indispensable i s'accepten errors.

3. Explicació correcta: Fosfats (adobs, purins i detergents), Nitrats (prové dels adobs, purins, aigües fecals) i Microorganismes (aigües fecals sobretot *Escherichia coli*). Pot afegir també Duresa (dissolució de materials rocosos al llarg de la conca).

8. Que et sembla que va posar l'Alba en les seves conclusions? ELABORACIÓ DE CONCLUSIONS (C)

0. No respon

1. Fets inexactes, no relacionats amb el tema o errònies.

2. Explicacions parcials, on no s'acaba d'expressar bé la idea. O només expressa que l'aigua de la Font de la Sort no és potable. S'accepten sinònims de potabilitat.

3. Explicació correcta: l'aigua de la Font de la Sort no és potable (s'accepten sinònims de potable). Les possibles causes poden ser la contaminació per purins i adobs que s'infiltra a l'aquífer que alimenta la font.

Taula 27. Pauta de categories per a l'avaluació de les respostes dels alumnes tant a la prova d'avaluació inicial com final

Recordem que a la PART 3- Disseny de la Recerca hem explicat que en aquesta tesi utilitzarem els resultats d'avaluació de la prova de dues maneres: qualificació total de la prova i qualificació de cada ítem que configura la prova. La qualificació del test es calcula seguint l'estratègia de Leach i col·laboradors (2005), a partir de la mitjana dels resultats de tots els ítems (o preguntes) que s'avaluen al test.

Per afavorir la comprensió i interpretació dels resultats, s'ha decidit expressar-los tots en base 3, fet que es correspon amb el valor de les categories d'avaluació que hem fixat més amunt. Per tant, a la qualificació de la prova d'avaluació, que representa l'avaluació de les nou preguntes (o ítems),

un alumne que obtingués la qualificació 3 a cada ítem (qualificació màxima per a tots els ítems) obtindria un 3.

4.3.1.2. Validació de la fiabilitat de l'avaluació del test

En l'avaluació dels ítems de la prova d'avaluació, hem tingut en compte criteris de fiabilitat. Utilitzem el procediment d'anàlisi entre dos jutges de les respostes dels mateixos alumnes, el test de Cohen's Kappa. El coeficient Kappa de Cohen és una mesura més robusta que el simple càlcul del percentatge de concordança, ja que en aquest està contemplat l'atzar. El test de Cohen Kappa és una mesura estadística que ajusta l'efecte de l'atzar a la proporció de concordança entre avaluadors per elements qualitius (Carletta, 1996), com és el cas de les variables categòriques que s'han fixat per avaluar el test d'aquest projecte.

5. Resultats i discussió

En aquest estudi es realitzarà l'anàlisi de les diferències entre els resultats individuals de pretest i postest. A continuació presentarem i analitzarem els resultats.

5.1. Test de Kappa de Cohen

El resultat del coeficient de Kappa (K) aplicat en aquest estudi per conèixer la concordança entre dos jutges és de 0,702.

Una K de 0,702 s'interpreta segons Landis i Koch (1997) com a acord substancial entre jutges. D'altra banda, Fleiss (1981) el considera pràcticament al límit entre bo i excel·lent.

Per tant, amb aquestes consideracions validem la fiabilitat de les categories d'avaluació de les respostes de la prova d'avaluació i que hem descrit a la Taula 27.

5.2. Anàlisi estadístic descriptiu

Mitjançant el programa "Statistical Package for Social Sciences" (SPSS) hem calculat diversos descriptors estadístics per a les qualificacions de tots els alumnes de pretest i postest. Presentem aquestes anàlisis a la Taula 28, que ens permetran analitzar els resultats de la prova d'avaluació.

		PreTest	PosTest
N	Valid	47	47
	Missing	0	0
Mean		1,2314	1,8989
Mode		1,13(a)	2,00
Std. Deviation		,26062	,29215
Variance		,068	,085
Kurtosis		,569	,443
Std. Error of Kurtosis		,681	,681
Range		1,25	1,25
Minimum		,75	1,13
Maximum		2,00	2,38

Taula 28. Anàlisi estadística dels resultats del pretest i postest.

Com s'observa a la Taula 28, la mitjana ha incrementat de pretest a postest en 0,67 punts (22,3%).

L'alumne que ha obtingut la qualificació més baixa al pretest és de 0,75 sobre 3 punts i difereix de la mínima del postest amb 0,38 punts, per tant hi ha hagut un 12,7% d'increment. També és un 12,7% inferior la qualificació màxima de pretest respecte la màxima de postest. Així, s'ha superat el valor de dos.

Només en el cas de dos alumnes no hi han hagut diferències entre el resultats dels tests i, en un únic cas l'alumne ha obtingut 0,13/3 punts per sota al postest respecte el pretest, fet que suposa un 4,3%.

Els resultats en ambdós tests es distribueixen en un rang de 1,25 punts. Per tant, salvant excepcions puntuals, s'observa un increment dels resultats entre pretest i postest. Però caldrà aplicar un test de contrast d'hipòtesis per verificar si aquest increment és significatiu.

5.3. Anàlisi estadística inferencial

Per poder aplicar un test de contrast d'hipòtesis a les nostres dades, cal que aquestes segueixin una distribució normal.

El valor de curtosi que aportem a la Taula 28 és positiu. Els valors de curtosi positius es relacionen amb una distribució normal de la mostra, per tant els resultats de pretest i postest no estan distribuïts a l'atzar i es pot aplicar el test de contrast d'hipòtesis per avaluar si hi ha una millora significativa entre ambdós tests.

Observem a la Figura 55 que les respostes dels alumnes al pretest estan distribuïdes més agrupades al voltant de la mitjana que en el cas del postest, on es troben més disperses. Això podria indicar un nivell similar de coneixements previs entre els alumnes. Observem, però, que algunes qualificacions s'allunyen per damunt de la mitjana. En aquest sentit, és interessant anotar que dos dels alumnes participants tenien un nivell de coneixement dels continguts i de les habilitats d'indagació marcadament diferenciat de la resta. Els seus resultats són representats a la barra de freqüència de l'extrem dret del primer histograma de la Figura 55. Aquests dos alumnes són llicenciats en química i enginyeria química i el Grau d'educació primària és la seva segona carrera.

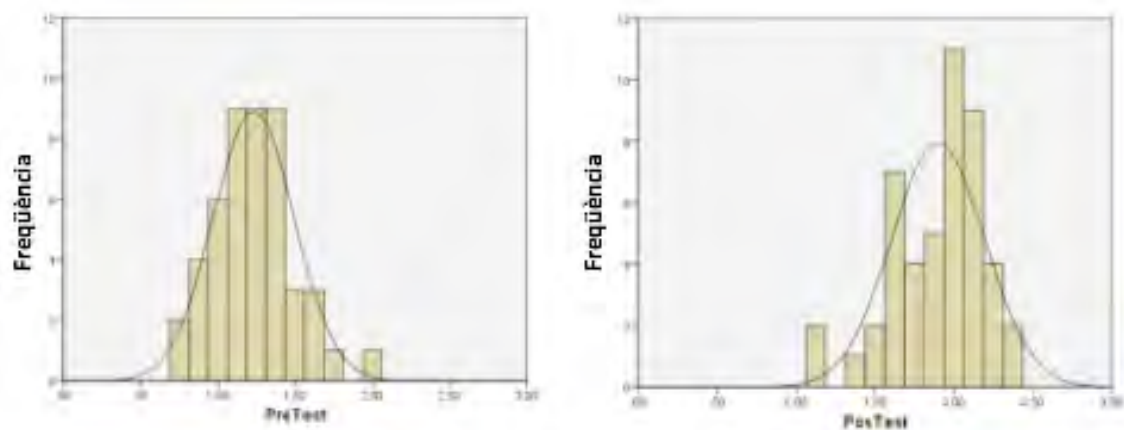


Figura 55. Histogrames de representació dels resultats de pretest i posttest amb corba de distribució normal

Pel que fa al posttest, la dispersió de les dades podria apuntar a un nivell d'assoliment i integració dels aprenentatges diferent entre els alumnes. Tanmateix, si comparem les mitjanes dels resultats, en el cas del posttest la mitjana difereix de la mitjana del pretest amb un increment del 0,67/3, un 22,3%. Per tant, la corba de distribució normal s'ha desplaçat cap a valors més alts.

Finalment i per poder afirmar que el canvi en els resultats entre pretest i posttest és significatiu, apliquem el test de contrast d'hipòtesis. Establim com a hipòtesis:

- Nul·la (H_0): no hi ha un canvi significatiu i, per tant, les diferències són conseqüència de l'atzar.
- Alternativa (H_1): el canvi és significatiu.

Mostrem els resultats del T-test a la Taula 29:

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	PreTest - PosTest	-.66755	.36978	.05394	-.77612	-.55898	-12,376	46	.000

Taula 29. T-Test de contrast d'hipòtesis entre resultats de pretest i posttest.

Donat que la significació bilateral és <0.05 , acceptem H_1 i per tant podem afirmar que el canvi ha estat significatiu.

Atribuïm la millora significativa entre els resultats de pretest i posttest a l'aprenentatge. Aquest aprenentatge ha estat facilitat pel projecte "Bec o no?" i en definitiva per les variables que hem incorporat al model pedagògic amb què hem fonamentat el disseny del projecte.

Els resultats ens indiquen que, tant les ajudes a l'aprenentatge integrades a Metafora com les que s'han incorporat al disseny de la intervenció, han contribuït a l'aprenentatge de coneixements científics relacionats amb els continguts i les habilitats d'indagació.

Basant-nos en el nivell de les explicacions que proposa Hakkarainen (2003), la qualitat de la construcció de les explicacions i en definitiva la complexitat del raonament sociocientífic de la mitjana dels 47 alumnes ha canviat de fets no organitzats i/o organitzats (categoria 1) a explicacions parcials

(categoria 2). La qualificació mínima del postest ha superat l'1, quan al pretest no hi arriba. Al pretest hem observat que alguns alumnes deixen preguntes sense respondre exposant, fins i tot, que desconeixen la manera de respondre. Amb el postest no hi ha hagut preguntes sense respondre. La màxima qualificació de pretest, que és relativa a nivell d'explicacions parcials, ha estat superada aproximant-se al nivell d'explicacions (categoria màxima, 3).

Posat que amb la prova d'avaluació avaluem diversos ítems implicats en l'aprenentatge de les ciències per indagació, constatem que els alumnes han interioritzat el significat científic generat en grup i han assolit o millorat habilitats científiques d'indagació. L'assoliment dels ítems que hem avaluat a la prova requereix el desenvolupament de diferents nivells de demanda cognitiva (Wenning, 2005; Volkinsteine & Namstone, 2016). Cinc ítems del test avaluen habilitats bàsiques de demanda cognitiva mitjana-baixa, tres habilitats integrades de demanda cognitiva mitjana i tres habilitats avançades de demanda cognitiva superior. Els resultats d'aquest primer estudi permeten afirmar que els alumnes han assolit habilitats per resoldre tasques de diferent nivell de complexitat cognitiva. Serà als propers estudis que discutirem quin ha estat l'assoliment del grup i dels individus distingint entre habilitats d'indagació i la demanda cognitiva que impliquen.

6. Conclusions

Les conclusions d'aquest primer estudi donen resposta a la pregunta de recerca que s'ha plantejat:

Els alumnes aprenen coneixements científics quan participen en la intervenció basada en l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació amb l'ús de Metafora?

A continuació s'exposen les conclusions de l'estudi:

- A causa de la diferència significativa entre els resultats de pretest i postest, es demostra que les variables amb què s'ha definit el model pedagògic i que hem integrat al projecte "Bec o no?", han contribuït que els alumnes aprenguin coneixements sobre el contingut científic (Alake-Tuenter et al., 2013) que comprèn tant la generació de significats científics com el desenvolupament de les habilitats d'indagació.
- Els elements clau que configuren el model pedagògic i que interpretem que han promocionat l'aprenentatge són:
 - La perspectiva sociocultural (Vygotsky, 1978) i l'enfocament dialògic de l'aprenentatge (Aubert et al., 2009; Wegerif, 2010).
 - L'aprenentatge de les ciències basat en la indagació des de la visió discursivocognitiva (Simarro et al., 2013).
 - Les variables implicades en l'aprendre a aprendre junts: lideratge distribuït, compromís mutu, reflexió entre iguals i la reflexió al voltant del procés d'aprenentatge (Pifarré & Li, 2017).
 - L'establiment d'un repte sociocientífic significatiu de final obert.
 - L'ús de la tecnologia 2.0, en aquest cas Metafora, com a artefacte mediador cultural.
 - El rol del professor com a activador de l'aprenentatge
- Els alumnes han millorat el nivell de construcció de les seves explicacions (Hakkarainen, 2003) aplicant el coneixement i habilitats d'indagació que han après durant el projecte i en definitiva desenvolupant el raonament sociocientífic (Romine et al., 2016). La demanda cognitiva inherent al desenvolupament d'aquestes habilitats és variable i contempla habilitats bàsiques, integrades i avançades que en aquest ordre van de menor a major demanda cognitiva (Wenning, 2005).

Serà al proper estudi d'aquesta tesi on aprofundirem quins són els continguts científics i les habilitats d'indagació que el model pedagògic del projecte "Bec o no?" fomenta en major o menor grau.

E2. ESTUDI DE LA QUALITAT DE L'APRENTATGE: GENERACIÓ DE SIGNIFICAT CIENTÍFIC I HABILITATS D'INDAGACIÓ

1. Introducció

Al primer estudi hem conclòs que hi ha hagut un aprenentatge significatiu dels continguts de ciències i habilitats d'indagació treballats al projecte. En aquest segon estudi aprofundirem en la qualitat dels aprenentatges i compararem les respostes dels alumnes a pretest i postest per proporcionar evidències de com la participació al projecte "Bec o no?" ha afavorit l'evolució de l'aprenentatge de l'alumnat. Identificarem quins són els errors conceptuals i analitzarem el canvi conceptual que fan els alumnes després de participar al projecte. En aquest estudi, presentarem els resultats distingint entre aprenentatges sobre continguts científics i habilitats d'indagació. Abordarem l'anàlisi des de dos punts de vista, quantitatiu i qualitatiu. La presentació dels resultats s'organitzarà segons l'estudi de la generació de significat científic i el del desenvolupament de les habilitats d'indagació. En primer lloc, per a l'estudi de la generació de significat científic, d'una banda farem una anàlisi quantitativa general de la mitjana dels resultats dels alumnes participants per cada pregunta de la prova d'avaluació. D'altra banda, identificarem quatre patrons de l'evolució dels alumnes i concretarem en l'anàlisi qualitatiu de l'evolució de respostes d'alumnes model. En segon lloc, estudiarem el desenvolupament de les habilitats d'indagació avaluades a la prova a partir de l'anàlisi quantitativa dels resultats.

L'objectiu d'aquest aprofundiment és cercar evidències qualitatives que ens aportin més proves sobre l'evolució que han fet els alumnes i que podrem relacionar amb les característiques del disseny de la intervenció del projecte "Bec o no?".

2. Preguntes de recerca

Al present estudi ens plantejem respondre les següents preguntes:

I. *Quins coneixements sobre fets i conceptes científics han construït els alumnes a partir de la intervenció i quines relacions han establert entre aquests? (generació de significat científic i construcció d'enllaços)*

II. *Quines habilitats científiques d'indagació han desenvolupat? La intervenció promou el desenvolupament d'habilitats d'indagació de diferent demanda cognitiva? Les habilitats que han après els permeten desenvolupar el cicle d'indagació?*

3. Objectius de recerca

Els objectius de recerca que ens plantejem en aquest segon estudi són:

- Estudiar com el model pedagògic afavoreix la millora dels alumnes en:
 - I. Coneixements sobre fets i conceptes científics
 - II. L'adquisició o millora d'habilitats científiques d'indagació
- Aprofundir en l'estudi qualitatiu de l'evolució de la construcció i integració de fets i conceptes científics que han desenvolupat els alumnes a partir de la generació del significat científic i la construcció d'enllaços entre idees.
- Conèixer si el projecte "Bec o no?" promou el desenvolupament i l'aprenentatge d'habilitats d'indagació que impliquen els diferents nivells de demanda cognitiva i permeten desenvolupar el cicle d'indagació.

4. Metodologia

4.1. Participants

La mostra d'aquest segon estudi són els 47 alumnes de tercer curs del Grau d'Educació primària de la Universitat de Lleida matriculats a l'assignatura d'Aprenentatge de les Ciències Experimentals II. L'any acadèmic és el 2012-2013.

4.2. Materials

Per aquest segon estudi s'utilitzaran els resultats del pretest i postest de la prova d'avaluació dels 47 alumnes.

4.3. Disseny i procediment d'anàlisi de dades

En aquest estudi avaluarem els aprenentatges per al conjunt del grup classe a partir de les mitjanes dels resultats dels diferents ítems de la prova d'avaluació.

A continuació, s'especifica a la Taula 30 i es representa a la Figura 56 la relació entre la pregunta de recerca que ens ocupa en aquest estudi, els participants, la metodologia, les tècniques de reportatge i els instruments d'anàlisi que emprarem per donar resposta a la pregunta de recerca:

Pregunta de recerca de cada estudi	Quins coneixements sobre fets i conceptes científics han construït els alumnes a partir de la intervenció i quines relacions han establert entre aquests? (generació de significat científic i construcció d'enllaços) Quines habilitats científiques d'indagació han desenvolupat? La intervenció promou el desenvolupament d'habilitats d'indagació de diferent demanda cognitiva? Les habilitats que han après els permeten desenvolupar el cicle d'indagació?
Participants	47 alumnes de tercer curs del Grau d'Educació primària
Aproximació metodològica	Multimètode: quantitatiu i qualitatiu
Tècniques de reportatge	Prova d'avaluació: Pretest i Postest
Instruments d'anàlisi	Estadística descriptiva Model de Kinchin i col·laboradors (2000) per a l'estudi de mapes conceptuals

Taula 30. Organització de l'estudi 2

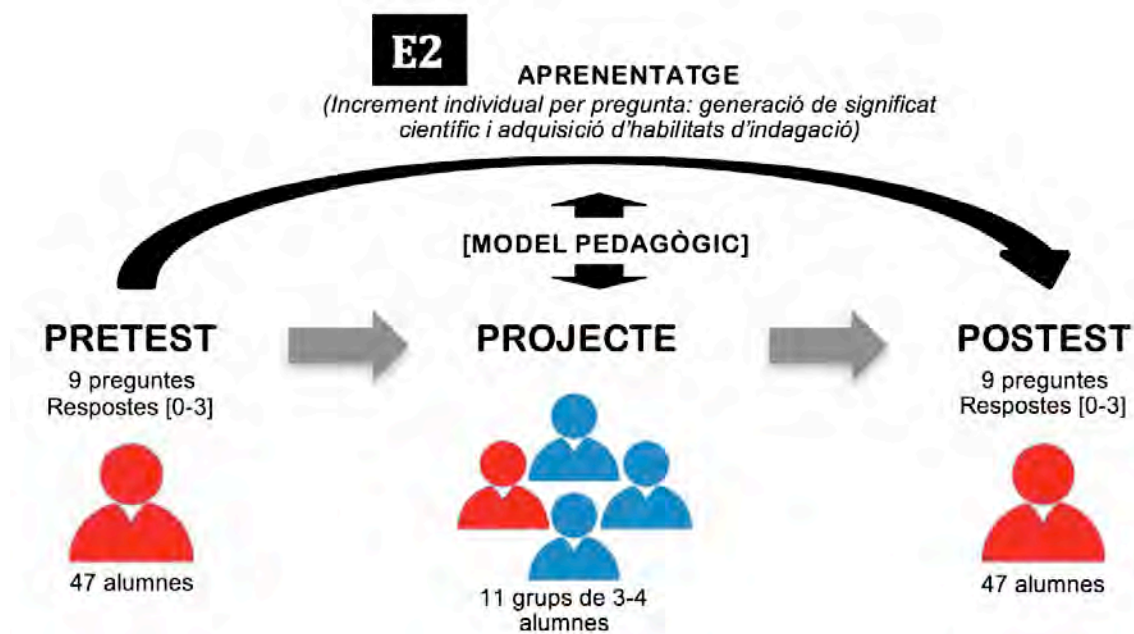


Figura 56. Representació dels elements que conformen l'estudi 2 i la relació entre ells.

Ens basem en el resultat del test Kappa de Cohen realitzat a l'estudi 1, on hem demostrat la fiabilitat i l'objectivitat de les categories amb què s'avaluen les respostes dels alumnes a les diferents preguntes de la prova d'avaluació.

A la Part 3 de Disseny de la Recerca s'ha descrit la prova d'avaluació i al primer estudi s'han definit les categories per a l'avaluació de les respostes dels alumnes. La primera part de la prova d'avaluació (mapa conceptual) s'ha dissenyat específicament per estudiar la generació de significat científic. Amb la segona part de la prova, s'avalua tant la generació de significat científic com la millora

o adquisició d'habilitats d'indagació, tot i que per aquest estudi l'utilitzarem per avaluar només les habilitats d'indagació.

D'una banda, ens centrarem específicament en la primera part de la prova d'avaluació, que correspon al mapa conceptual sobre "la potabilitat de l'aigua", per conèixer els conceptes que han construït els alumnes i quines relacions conceptuais han establert entre ells (Newton & Newton, 2000; Scott et al., 2011).

D'altra banda, per conèixer l'adquisició o millora d'habilitats d'indagació, estudiarem l'evolució dels alumnes pel que fa als ítems d'avaluació de la segona part de la prova (preguntes 1 a 9).

Chabalengula, Mumba i Mbewe (2012), en un estudi similar al que pretenem desenvolupar a continuació, també amb futurs docents de ciències a primària, a més d'avaluar la capacitat del professorat en formació per desenvolupar les habilitats d'indagació, també estudien el coneixement a nivell conceptual que té l'alumnat d'aquestes habilitats a partir de preguntes on es demana definir les habilitats d'indagació. Els resultats d'aquest treball demostren de manera significativa que malgrat que els docents en formació saben desenvolupar les habilitats d'indagació, tenen dificultats per fer definicions i explicacions precises de les habilitats o, inclús en alguns casos, les confonen. Altres autors també han identificat aquestes dificultats en futurs docents de diferents nivells educatius (Emereole, 2009; Farsakoglu, Sahin, Karlsi, Akpinar & Ultay, 2008; Lotter, Harwood & Bonner, 2007), però destaquen que el fet de no tenir una comprensió conceptual completa de les habilitats científiques d'indagació, no es correlaciona amb la capacitat per desenvolupar-les correctament, tot i que opinen que les han de comprendre mínimament. En el nostre cas, la prova d'avaluació es centra en comprovar la capacitat que tenen els alumnes per desenvolupar les habilitats d'indagació en una situació científica del món real adequadament.

Per donar resposta a les preguntes de recerca, enfocarem les anàlisis des de l'aproximació metodològica multimètode. En primer lloc, abordarem l'anàlisi de la generació de significat científic, d'una banda, a partir de l'anàlisi quantitatiu dels resultats de la prova d'avaluació i, d'altra banda, en farem una anàlisi qualitativa de les produccions dels alumnes. A partir de l'anàlisi quantitativa identificarem els quatre patrons d'evolució entre pretest i postest que es donen en els resultats dels alumnes de la nostra mostra. En l'anàlisi qualitatiu ens centrarem en l'estudi d'un exemple de cada patró i, en el cas del patró més repetit, n'estudiarem dos, de manera que els considerarem alumnes model. Per a cada model aprofundirem en l'estudi de les relacions entre conceptes que han construït els alumnes i compararem les diferències entre pretest i postest per conèixer el seu progrés. En segon lloc, a partir de l'anàlisi quantitatiu de la segona part de la prova, compararem els resultats d'aprenentatge dels alumnes amb la classificació de Wenning (2005) sobre el nivell o demanda cognitiva que impliquen les habilitats d'indagació que s'inclouen a la prova d'avaluació. D'aquesta manera es mostrarà quines habilitats d'indagació han estat promocionades amb el projecte "Bec o no?" i si hi ha diferències entre el nivell de demanda cognitiva d'aquestes.

Es continua amb una concreció més detallada de la metodologia d'anàlisi dels resultats de la prova d'avaluació des dels dos punts de vista amb què es distingeix, la generació de significat científic i el desenvolupament d'habilitats d'indagació.

4.3.1. La construcció del coneixement sobre continguts científics

S'avalua la generació de significat científic a partir de l'anàlisi del mapa conceptual sobre la potabilitat de l'aigua, que esdevé la primera part de la prova d'avaluació. Tot i que valorem les aportacions de Gobert i col·laboradors (2010) quan proposen que el coneixement sobre continguts científics i les habilitats d'indagació estan estretament relacionades, posat que per construir una explicació científica es requereixen tant conceptes com habilitats ens centrarem en les evidències que ens aporten els mapes conceptuais que han construït els alumnes sobre la potabilitat de l'aigua.

Scott i col·laboradors (2011) proposen el concepte de construcció pedagògica d'enllaços ("*pedagogical link making*") que fa referència a la manera com professors i alumnes i entre alumnes construeixen connexions entre idees mentre interaccionen durant l'ensenyament i l'aprenentatge per generar significats científics. Es tracta d'un concepte basat en el constructivisme, en què els autors analitzen com l'alumne construeix enllaços entre els seus coneixements previs i les idees noves que va incorporant. En el nostre cas, ens centrarem en l'estudi del resultat del procés de construcció d'enllaços de tal manera que, a partir dels mapes conceptuais que produeixen els alumnes a postest, podrem inferir la riquesa del procés de construcció i la qualitat del coneixement internalitzat i construït pels individus. També s'analitzarà l'evolució dels alumnes pel que fa a coneixements conceptuals científics a partir de la comparació de les produccions de pretest i postest.

S'analitzaran dos variables clau en tots els mapes conceptuais elaborats pels alumnes segons allò exposat anteriorment, els continguts científics i el grau de complexitat del mapa conceptual o arquitectura del mapa conceptual. A continuació, detallem com analitzarem cadascun d'ells.

4.3.1.1. Continguts científics

La variable "continguts científics" fa referència als continguts clau sobre "potabilitat" que els alumnes inclouen i integren al mapa conceptual.

L'objectiu de l'anàlisi d'aquesta variable és quantificar el nivell de distinció, coneixement i integració dels següents aspectes: aigua potable i aigua no potable, considerant els paràmetres de potabilitat com a criteris per a la distinció entre ambdós; la distinció entre depuradora i potabilitzadora; la comprensió del riu com un ecosistema amb unes característiques pròpies definides al "*river continuum concept*" (Vannote et al., 1980), i els usos que fem els humans de l'aigua; el cicle urbà de l'aigua, i distingir les fonts de contaminació i la integració dels seus efectes sobre l'ecosistema del riu.

Els mapes conceptuais s'han avaluat de 0 a 3, seguint els criteris exposats a l'apartat 4.3.1. de l'Estudi 1.

4.3.1.2. Grau de complexitat del mapa conceptual

Estem d'acord amb Cañas i col·laboradors (2015) quan afirmen que, a partir d'un mapa conceptual, podem esbrinar la comprensió d'un alumne sobre el treball científic. També consideren que el que determina que un mapa conceptual sigui bo no només són els conceptes que s'hi expressen sinó també la seva estructura, cosa que determina el grau de complexitat del mapa.

A partir del grau de complexitat del mapa conceptual, de manera complementària als conceptes que s'hi incorporen, s'avalua la manera que l'alumne disposa les seves idees i les enllaça

entre elles. A partir de l'estudi de la disposició de les idees al mapa conceptual es pot inferir en la profunditat que l'alumne percep, estructura, enllaça i integra els coneixements (Scott et al., 2011) en el seu esforç d'interiorització. En aquesta línia, Kinchin i col·laboradors (2000) afirmen que, a partir d'un mapa conceptual, un alumne expressa la seva estructura metacognitiva i de quina manera ha incorporat els nous aprenentatges que han resultat significatius per a ell, partint dels que ja tenia. En definitiva, l'alumne externalitza en un mapa conceptual el seu model mental.

Per avaluar el mapa conceptual ens basem en diferents tècniques que han aportat diversos investigadors. Novak i Gowin (1984) van establir el que alguns autors anomenen "el mètode tradicional" per avaluar els mapes conceptuais. Aquest mètode analitza detalladament com s'enllacen les idees en un mapa conceptual: els nivells de jerarquia que s'hi estableixen; el nombre de ramificacions; els enllaços creuats, i el nombre d'exemples específics. D'ençà que es va publicar aquesta proposta, s'han fet múltiples evolucions d'aquesta metodologia. No obstant, Cañas i col·laboradors (2003) consideren que la tècnica que proposen Novak i Gowin (1984) implica invertir molt temps per avaluar els mapes conceptuais.

Cañas i col·laboradors (2015) proposen un mètode per avaluar els mapes conceptuais a partir de la qualitat del contingut i l'estructura. Un mapa conceptual que incorpori conceptes de qualitat però l'estructura no sigui rica o bé a la inversa, Cañas i col·laboradors (2015) el consideren un mapa conceptual pobre. Perquè sigui de qualitat cal que presenti característiques de qualitat pel que fa a l'estructura i el contingut.

La nostra recerca utilitza la metodologia d'avaluació dels mapes conceptuais desenvolupada per Kinchin i col·laboradors (2000). La seva proposta difereix de la de Novak i Gowin perquè analitzen l'estructura dels mapes conceptuais des d'una perspectiva holística.

Kinchin i col·laboradors (2000) proposen que els mapes conceptuais es poden classificar en tres tipus segons la seva estructura: radial, cadena o xarxa. L'aspecte clau amb què es basen els autors per fer aquesta classificació és el nivell de connexió entre idees, és a dir, quantes vegades s'enllaça un mateix concepte amb altres conceptes.

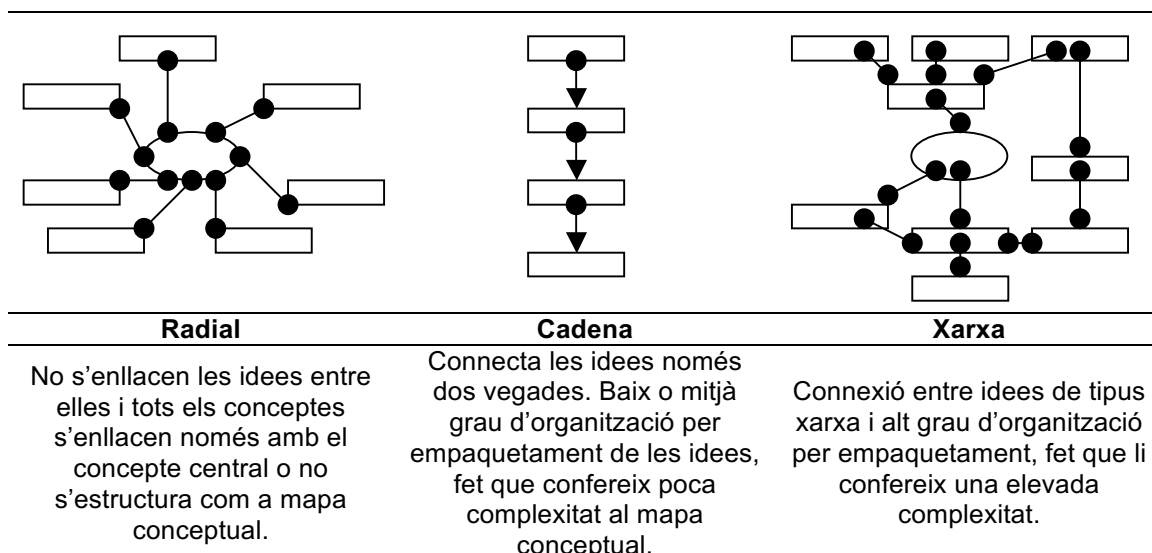


Figura 57. Exemples d'esquemes generals dels tipus de mapes conceptuais segons la seva estructura. Adaptat de Kinchin et al. (2000)

A la Figura 57 es mostra una representació de l'estructura dels tres tipus de mapes conceptuals i una síntesi de les seves característiques principals.

En primer lloc, el mapa conceptual més simple els autors l'anomenen "de parla". Nosaltres l'hem anomenat "**radial**", nom que representa millor la seva arquitectura espacial. En aquest tipus de mapa, totes les idees estan connectades només una vegada i sempre amb el concepte central. Només hi ha un nivell de connexió entre idees. Per tant l'associació que fa l'alumne entre idees és simple i això és interpretat pels autors com que no comprèn les interaccions entre les idees que inclou al mapa, no les integra. També s'interpreta que no s'estableix cap jerarquia entre conceptes.

En segon lloc, en un mapa conceptual de **cadena** s'estableixen molts nivells de connexió entre idees, però sense establir-se cap jerarquia. S'organitzen els conceptes com una seqüència temporal sense connexions entre nivells no consecutius, per tant aïllats. Així, s'interpreta que l'alumne ha integrat lleument les idees i allò après no ho ha connectat amb altres coneixements previs o d'altres àmbits. Els autors anoten que la pèrdua d'una connexió entre conceptes per part de l'alumne suposaria la pèrdua del sentit de tota la cadena, per tant el model mental de l'alumne perdurà en el temps amb dificultats. Des del punt de vista dels tipus d'enllaços entre conceptes que proposen Scott i col·laboradors (2011), un alumne que configura un mapa conceptual de tipus cadena, podria millorar el seu model mental a partir de la participació en situacions d'aprenentatge que li permetessin establir més i variades connexions entre conceptes de diferents punts de la cadena, per així trencar amb l'organització consecutiva de les idees i reduir els nivells de connexió entre idees.

En tercer i últim lloc, en un mapa conceptual en **xarxa** no trobarem tants nivells de connexió entre idees com en el cas d'un mapa de tipus cadena. En aquest cas, les idees estan àmpliament jerarquizades i organitzades en paquets conceptuals que esdevenen conjunts d'idees estretament relacionades. Les connexions entre idees són entre els mateixos paquets conceptuals i també entre diferents paquets conceptuals. Així doncs, el nivell d'integració d'idees al mapa és elevat. Kinchin i col·laboradors (2000) afirmen que a un alumne que configura un mapa conceptual amb aquesta estructura li resulta àgil i senzill afegir-hi nous coneixements. A més, el mapa es pot reorganitzar amb facilitat per emfatitzar o completar amb nous aprenentatges. I també, fins i tot, es pot compensar la pèrdua d'una connexió. Aquest és el tipus de mapa conceptual que elaboren els alumnes que han assolit un aprenentatge més significatiu (Kinchin et al., 2000).

4.3.1.3. Anàlisi quantitativa del mapa conceptual

L'anàlisi quantitativa dels mapes conceptuals és una opció metodològica que permet comparar els resultats assolits pels diferents individus i també conèixer l'evolució d'un mateix individu comparant la versió prèvia i posterior que fa per així poder copsar la seva evolució.

Els mapes conceptuals s'han puntuat de 0 a 3, seguint els criteris exposats a l'apartat 4.3.1. de l'Estudi 1. Les categories d'avaluació integren l'avaluació dels coneixements sobre continguts científics i el grau de complexitat del mapa conceptual, a partir del nivell d'explicacions segons la proposta de Hakkarainen i col·laboradors (2003) i les característiques de qualitat de l'arquitectura dels mapes conceptuals proposades per Kinchin i col·laboradors (2000) que posen el focus al nivell de connexió entre idees per classificar els mapes conceptuals en radial, cadena o xarxa.

D'aquesta manera, es defineix la categoria 1 per a mapes conceptuals que les idees s'exposen com a fets no organitzats o organitzats i amb una arquitectura radial o cadena. La categoria 2 contempla mapes conceptuals on les idees s'elaboren com a explicacions parcials i l'arquitectura és de

cadena o xarxa. Per últim, la categoria 3 s'associa a mapes conceptuals que les idees que presenten s'elaboren a nivell d'explicacions i l'arquitectura és de xarxa.

A continuació, es mostra a la Taula 31 la descripció completa de les categories per avaluar la Part 1 de la prova d'avaluació.

PART 1: GENERACIÓ DE SIGNIFICAT CIENTÍFIC

Mapa conceptual "Potabilitat de l'aigua" (MC)

0. No contesta

1.. Reconeix cap o com a mínim un d'aquests conceptes clau que presenta com a fets no organitzats o organitzats: aigua potable, distingeix depuradora de potabilitzadora, paràmetres de potabilitat i contaminants i el seu origen. *Estructura del mapa conceptual radial o en cadena.*

2. Reconeix entre dos i tres conceptes clau i elabora les idees a nivell d'explicacions parcials.: aigua potable, distingeix depuradora de potabilitzadora, paràmetres de potabilitat i contaminants i el seu origen. *Estructura del mapa conceptual en cadena o xarxa.*

3. Reconeix els quatre conceptes clau i els elabora a nivell d'explicació: aigua potable, depuradora de potabilitzadora, paràmetres de potabilitat i contaminants i el seu origen. *Estructura del mapa conceptual en xarxa.*

Taula 31. Categories per avaluar els mapes conceptuals que produeixen els alumnes, a la part 1 de generació de coneixement científic, dels tests pre i post d'avaluació de coneixements científics.

En síntesi, a partir d'un mapa conceptual es poden inferir múltiples aspectes cognitius sobre com l'alumne ha incorporat i estructurat la informació i, per tant, assolit els aprenentatges que durant el projecte "Bec o no?" s'han generat a partir de la interacció dialògica. Tanmateix, quan avaluem la resposta d'un alumne en una categoria, es perden matisos i informacions d'interès per la nostra recerca, per exemple la qualitat i la dimensió del significat que dona l'alumne als conceptes, els errors conceptuals i de quina manera l'alumne desenvolupa el canvi conceptual. És per això que, a més d'una anàlisi quantitativa de les respostes dels alumnes, considerem imprescindible incloure l'anàlisi qualitatiu de les produccions dels alumnes. A continuació presentem com abordarem aquesta anàlisi.

4.3.1.4. Anàlisi qualitativa del mapa conceptual

Per caracteritzar els quatre patrons d'evolució diferents que s'han identificat a la mostra segons l'increment entre pretest i postest, s'han seleccionat les respostes de la primera part de la prova d'avaluació de cinc alumnes. A la Taula 32 es defineixen els quatre patrons d'evolució dels cinc alumnes que han estat seleccionats. Tot i que s'han identificat quatre patrons d'evolució, pel patró d'evolució més freqüent, que és el de 1-2 s'han analitzat qualitativament dos casos. A la columna d'evolució es mostra els punts sobre 3 que cada patró ha incrementat respecte el pretest després d'haver participat al projecte "Bec o no?".

Alumne	Qualificació pretest	Qualificació posttest	Patró evolució	Evolució (increment)
1	1	1	1-1	0
2 i 3	1	2	1-2	1
4	1	3	1-3	2
5	2	3	2-3	1

Taula 32. Justificació dels quatre patrons d'evolució entre pretest i posttest

L'anàlisi dels cinc casos amb patrons d'evolució diferents ajudarà a la comprensió de l'evolució de l'aprenentatge que han fet els alumnes que partien de nivells de coneixements previs diferents, evolucions i també altres diferències que no es poden apreciar a partir de l'anàlisi quantitativa.

Per a l'anàlisi qualitativa de cadascun dels cinc casos, s'aprofundirà en l'estudi de dues variables clau, l'arquitectura i els continguts inclosos al mapa conceptual. A la Taula 33 es presenta una síntesi de les variables amb què s'analitzaran qualitativament els mapes conceptuais. D'una banda, a fi d'analitzar l'arquitectura del mapa conceptual, a) es tindrà en compte l'estructura del mapa conceptual segons Kinchin i col·laboradors (2000) i el nombre d'idees que s'hi inclouen. D'altra banda, per analitzar el contingut sobre continguts científic: b) s'avaluarà que s'incloguin els continguts clau treballats durant el projecte; la profunditat amb què aquests es defineixen; si s'incorpora la dimensió social que fa referència al desenvolupament del raonament sociocientífic (Romine et al., 2016); l'evolució dels conceptes entre pretest i posttest pel que fa a canvis conceptuals que ha fet l'alumne, si es mantenen o bé si incorpora errors conceptuals, i per últim si l'alumne inclou elements propis del procés d'indagació i per tant de com ha construït els coneixements.

Variables a analitzar	Tipus	Descripció	
a) ARQUITECTURA DEL MAPA CONCEPTUAL (Kinchin et al., 2000)	<i>Radial</i>	Totes les idees estan relacionades amb el concepte central, però no es relacionen entre elles. No hi ha una percepció clara de la importància relativa entre conceptes.	
	<i>Cadena</i>	Demostra poca comprensió i/o integració de les idees. Seqüència d'idees lineal que reflecteix la comprensió d'una consecució entre elles. Una idea es connecta amb la que té directament per sobre i la que té per sota. S'estableix una jerarquia lineal consecutiva, en termes d'importància, entre conceptes.	
	<i>Xarxa</i>	Demostra comprensió dels conceptes, tot i que no s'acaben de relacionar entre ells amb profunditat. Les idees es connecten entre elles i estan altament integrades. S'organitzen i s'agrupen o empaqueten per conjunts relacionats i de manera jeràrquica.	
		Demostra una comprensió profunda del <i>tema</i> .	
Nombre d'idees	<i>Senzill</i>	S'incorporen poques idees. Sovint no són les més rellevants.	
	<i>Complex</i>	S'incorporen moltes idees. Generalment inclou les idees principals relacionades amb el tòpic.	
b) CONTINGUT SOBRE CONTINGUTS CIENTÍFIC DEL MAPA CONCEPTUAL	Continguts clau: <i>reconeix conceptes rellevants en relació al tema "potabilitat de l'aigua"</i>	<i>Insuficients</i>	Reconeix cap o com a mínim un d'aquests conceptes clau: aigua potable, distingeix depuradora de potabilitzadora, paràmetres de potabilitat i contaminants i el seu origen.
		<i>Suficient</i>	Reconeix entre dos i tres conceptes clau: aigua potable, distingeix depuradora de potabilitzadora, paràmetres de potabilitat i contaminants i el seu origen.
		<i>Complet</i>	Reconeix els quatre conceptes clau: aigua potable, distingeix depuradora de potabilitzadora, paràmetres de potabilitat i contaminants i el seu origen
	Aprofundiment: qualitat i dimensió del significat dels conceptes	<i>Indefinit</i>	No es defineixen i no es pot intuir la definició per manca de connexions i explicacions
		<i>Aproximat</i>	Les explicacions que s'aporten no expliquen el significat ampli dels conceptes, tot i que es relacionen amb aquest.
		<i>Profund</i>	S'aporten evidències que defineixen els conceptes: relació amb altres conceptes, comparacions i definicions.
	<i>Dimensió social</i>	Té en compte les implicacions socioambientals en relació a "la potabilitat de l'aigua" (Romine et al., 2016)	
Evolució: en el significat dels conceptes	<i>Error conceptual</i>	El significat del concepte és erroni. Inclou també la manera com aquest es relaciona amb altres conceptes.	
	<i>Canvi conceptual</i>	S'evidencia una evolució positiva de la construcció del concepte, des d'una concepció errònia al pretest a una definició correcta i completa al postest.	
Procés d'indagació	<i>Sí/No</i>	S'inclouen processos d'indagació al mapa conceptual?	

Taula 33. Variables per a l'anàlisi qualitativa dels mapes conceptuais de la Part 1 de la prova d'avaluació

4.3.2. Adquisició d'habilitats d'indagació

Com hem explicat a l'apartat de *Disseny de la Recerca*, a la segona part de la prova d'avaluació es presenta als alumnes un cas pràctic relatiu a una investigació sobre la potabilitat d'unes fonts del Montsec. S'ofereix als alumnes el context on es situa la investigació, taules de dades de resultats i un gràfic on es representa part d'aquestes dades. Al voltant d'aquesta investigació, es plantegen un total de vuit preguntes que, per resoldre-les, els alumnes han de desenvolupar habilitats d'indagació de diferent nivells cognitius.

Aquesta és una situació real que difereix de la del projecte ja que es planteja la potabilitat d'unes fonts l'aigua de les quals prové d'aigües subterrànies enlloc de les superficials del riu Segre. Altres autors també utilitzen situacions problema diferents a la treballada durant la intervenció per avaluar els aprenentatges de l'alumnat (per exemple: Gobert et al., 2010; Mislevy et al., 2002 i 2003). En aquest sentit, la nostra intenció és proporcionar als alumnes un nou context on aplicar les habilitats d'indagació i aprenentatges construïts durant la intervenció educativa.

En aquest cas real es demana als alumnes que posin en pràctica les seves habilitats per: esbrinar la pregunta de recerca i la hipòtesi; distingir les variables dependents i independents; interpretar els resultats; relacionar el disseny experimental amb els resultats i la pregunta de recerca, i per últim elaborar conclusions.

A continuació es presenta a la Taula 19 quines són les habilitats d'indagació, segons la classificació que en fa Wenning (2005), que s'avaluen per a cadascun dels ítems del test:

Preg.	Ítem	Nivell cognitiu de les habilitats d'indagació (Wenning, 2005)	
1	PI: Identificació del problema a investigar	Integrades	Identificar problemes a investigar
2	H: Formulació i identificació d'hipòtesis	Avançades	Sintetitzar explicacions hipotètiques complexes
3	V: Identificació de variables i justificació en funció del problema a investigar	Bàsiques	Identificar variables, analitzar investigacions
4	VD/I: Distinció entre variable dependent i independent	Bàsiques	Descriure relacions entre variables
PART 2	5	DE: Objectiu i funció de les mostres control per contrastar els resultats en un experiment. Dissenyar un experiment per resoldre un problema	Bàsiques Controlar variables, dissenyar investigacions
	6	RIR: Representació i interpretació de resultats	Avançades Analitzar i avaluar arguments científics, construir proves lògiques
7	DE/R: Connexió entre disseny experimental i els resultats. Interpretació de resultats	Avançades	Analitzar i avaluar arguments científics, construir proves lògiques
8	C: Elaboració de conclusions	Integrades	Establir lleis empíriques basades en l'evidència i la lògica

Taula 34. Habilitats científiques d'indagació que s'avaluen a la prova

Cadascun dels ítems de la prova pot avaluar més d'una habilitat, i de nivell cognitiu diferent. Per exemple, per a l'ítem, 7 on s'encomana als alumnes que connectin el disseny experimental amb els resultats i que els interpretin, cal que aquests desenvolupin habilitats d'indagació bàsiques com ara: analitzar investigacions; habilitats d'indagació integrades com ara generar principis durant el procés d'inducció i avançades, les de nivell cognitiu superior, i per analitzar i avaluar arguments científics i construir proves lògiques. Però, posat que el desenvolupament d'habilitats cognitives d'ordre superior implica que l'alumne també desenvolupi les d'ordre inferior, a la Taula 34 s'ha relacionat cada ítem amb l'habilitat d'indagació de nivell cognitiu més exigent, assumint que les de nivells cognitius inferiors també hi són implicades. Destaquem també que amb el total dels ítems que s'integren a la prova d'avaluació es cobreixen tots els nivells d'habilitats que proposa Wenning (2005).

Els ítems que impliquen habilitats d'indagació de baix ordre cognitiu són: 3- la identificació de variables i justificació en funció del problema a investigar; 4- la distinció entre variable dependent i independent, i 5- l'objectiu i funció de les mostres control per contrastar els resultats en un experiment i dissenyar un experiment per resoldre un problema.

En canvi, impliquen habilitats d'indagació d'ordre cognitiu superior: el mapa conceptual, 1- la identificació del problema a investigar, 2- la formulació i identificació d'hipòtesis, 6- la representació i interpretació dels resultats, 7- la connexió entre disseny experimental i els resultats i interpretació de resultats i, finalment, 8- elaborar conclusions.

A partir d'aquesta classificació dels ítems de la prova amb el nivell cognitiu que impliquen les habilitats d'indagació, s'interpretaran els resultats dels quaranta-set alumnes i s'identificarà quina ha estat la qualitat de l'aprenentatge dels alumnes.

5. Resultats i discussió

En aquest apartat presentarem, en primer lloc, l'anàlisi de la generació de significat científic i, en segon lloc, l'estudi de la millora o adquisició de les habilitats d'indagació.

L'anàlisi de la generació de significat científic l'abordarem primerament des de l'estudi quantitatiu dels resultats de la primera part de la prova d'avaluació i en segon lloc aprofundirem en l'anàlisi qualitativa de les produccions dels alumnes.

L'anàlisi de la millora o adquisició de les habilitats d'indagació l'abordarem des de l'anàlisi quantitatiu de la mitjana dels resultats per a cadascun dels vuit ítems que s'avaluen a la segona part del test.

5.1. Anàlisi de la construcció del coneixement sobre continguts científics

Així com s'ha establert, a partir del mapa conceptual avaluem la generació de significat científic i la construcció d'enllaços entre continguts científics. En aquest apartat ens centrarem en l'estudi dels continguts científics que han après els alumnes a partir de participar al projecte "Bec o no?".

Recordem que a la Part 1 de la prova d'avaluació s'encomana als alumnes realitzar un mapa conceptual amb el concepte central de "Potabilitat de l'aigua".

5.1.1. Anàlisi quantitativa

Per conèixer l'evolució dels alumnes després de participar al projecte "Bec o no?", s'analitzen els canvis entre pretest i postest.

El mapa conceptual és la pregunta de la prova d'avaluació on hi ha hagut un major increment, concretament del 35,1%. Un altre resultat a destacar és que la variància i desviació típica, que es mostren a la Taula 35, evidencien que al postest hi ha una major dispersió que al pretest.

PART 1: Mapa conceptual "Potabilitat de l'aigua"		
	Pretest	Postest
N	47	47
Mínim	0	1
Màxim	2	3
Mitja	1	2,04
Variància	0,04	0,26
Desviació típica	0,21	0,5

Taula 35. Estadístics descriptius de la Part 1 per pretest i postest.

Una menor dispersió en les dades de pretest indica que el punt de partida del conjunt dels alumnes és similar i en efecte el podem considerar homogeni. El 95,8% dels alumnes no reconeixen cap o només un concepte clau sobre què versa el projecte ja que per aquesta pregunta, la mitjana és d'1 al pretest. Aquest resultat suggereix que els alumnes parteixen d'un baix nivell de coneixement sobre els continguts científics que s'avaluen a la prova d'avaluació i que es treballen durant el projecte.

Finalment, una major dispersió entre els resultats del postest indica que els quaranta-set alumnes han interioritzat els continguts científics de manera diferent després de la participació al projecte. Això ho atribuïm a les diferències individuals en l'aprenentatge i també a la interacció i progressió que han fet al si del grup de treball durant el projecte. A l'estudi 4 aprofundirem com ha influït el treball en grup sobre l'aprenentatge individual i discutirem aquestes diferències.

S'inicia l'anàlisi a partir de l'avaluació de l'evolució que han fet els alumnes entre pretest i postest.

S'observa a la Taula 36 de freqüències els resultats dels alumnes per a pretest i postest del mapa conceptual:

PART 1: Mapa conceptual "Potabilitat de l'aigua"							
QUALIFICACIÓ	Pretest		Postest		Grups segons EVOLUCIÓ [Pre-Post]	Freq.	%
	Freq.	%	Freq.	%			
0	1	2,1	0	0	[0-2]	1	2
1	45	95,8	5	10,6	[1-1]	5	10,6
2	1	2,1	35	74,5	[1-2]	34	72,3
3	0	0	7	14,9	[1-3]	6	13
					[2-3]	1	2
TOTAL	47	100	47	100	TOTAL	47	100

Taula 36. Freqüències i percentatges de les qualificacions individuals de la Part 1 del test. A l'esquerra, freqüències per pretest i postest. A la dreta, freqüències de les evolucions entre pretest i postest.

El 74,5% dels alumnes obtenen una qualificació de 2 al postest. Aquests alumnes passen de no conèixer cap o només un concepte clau vinculat al projecte a dos o tres dels quatre conceptes clau que hem determinat als criteris d'avaluació per aquesta pregunta. Al voltant del 15% dels alumnes obtenen una qualificació de 3 i, per tant, coneixen els 4 conceptes clau del projecte. Dit d'una altra manera, prop del 90% dels alumnes, al seu mapa conceptual sobre la potabilitat de l'aigua, expressen conèixer amb profunditat com a mínim dos dels quatre conceptes que hem definit com a clau per aquest projecte. Els anomenen, descriuen i els integren en un marc de relacions.

A partir de la Taula 36 de freqüències (veure part dreta ombrejada), podem agrupar els alumnes que han participat al projecte "Bec o no?" segons patrons d'evolució entre pretest i postest. Aquesta evolució ve donada per la qualificació del mapa conceptual a pretest i postest. Així es poden agrupar tots els alumnes en cinc grups: [0-2], [1-1], [1-2], [1-3] i [2-3]. Tres d'aquests grups d'alumnes tenen com a punt de partida un 1 al pretest ja que, tal com hem argumentat, el 95,8% dels alumnes han obtingut un 1 al pretest. Als altres dos grups, només hi ha un alumne en cadascun. Aquests patrons d'evolució ens serviran per definir la tria dels alumnes a l'hora de fer l'anàlisi qualitativa dels seus mapes conceptuels que presentarem al proper apartat.

La profunditat de la construcció i interiorització dels conceptes científics depèn, segons Scott i col·laboradors (2011), de la continuïtat en el temps. És per això que considerem que el projecte "Bec o no?" ha constituït per als alumnes un bon suport pedagògic per iniciar-se en la construcció del concepte de potabilitat però es requereix més temps perquè els alumnes hi aprofundeixin.

Durant el projecte els alumnes han construït enllaços de coneixement entre explicacions científiques, conceptes científics, explicacions científiques del món real, models de representació i casos anàlegs. Això constitueix la construcció del coneixement (Scott et al., 2011). I durant un mes i mig han estat desenvolupant els seus mapes Metafora per donar resposta als reptes del projecte, a partir del treball dialògic de les ciències per indagació, que ha donat continuïtat a la construcció d'enllaços entre coneixements i els ha servit per connectar idees i connectar-les a diferents contextos, fets que els autors emmarquen en fomentar el compromís emocional.

5.1.2. Anàlisi qualitativa de cinc alumnes

Per conèixer amb més profunditat els patrons d'evolució dels alumnes entre els resultats de pretest i els de postest del mapa conceptual, es presenta una anàlisi qualitativa on es compararen les

respostes de pretest i posttest de cinc alumnes de quatre patrons d'evolució diferents. No es fa l'anàlisi qualitativa del patró [0-2] ja que la categoria de resposta que es correspon a l'"0" s'atribueix quan l'alumne no dona cap resposta.

Als quatre primers casos que s'analitzen, les alumnes obtenen una valoració d'1 al pretest i, respectivament, al posttest obtenen la valoració: 1 (alumna 1), 2 (alumnes 2 i 3) i 3 (alumna 4). S'analitzaran dos alumnes del patró [1-2] ja que és el patró més freqüent entre els alumnes. El cinquè cas, és una alumna que al pretest obté una valoració de 2 i al posttest una valoració de 3. Destaquem que no és el focus d'aquesta tesi fer cap distinció en els resultats per gènere. Les alumnes model són dones perquè representen el 75% de la mostra.

S'analitzarà tant el mapa de pretest com el de posttest de les cinc alumnes segons: a) l'arquitectura i b) contingut sobre coneixements científics, elements que hem descrit en aquest estudi a la Taula 33 exposada al Disseny i procediment d'anàlisi de dades per a l'anàlisi qualitativa del mapa conceptual.

Per fer la discussió, es seguirà una mateixa estructura d'anàlisi als cinc casos, que serà:

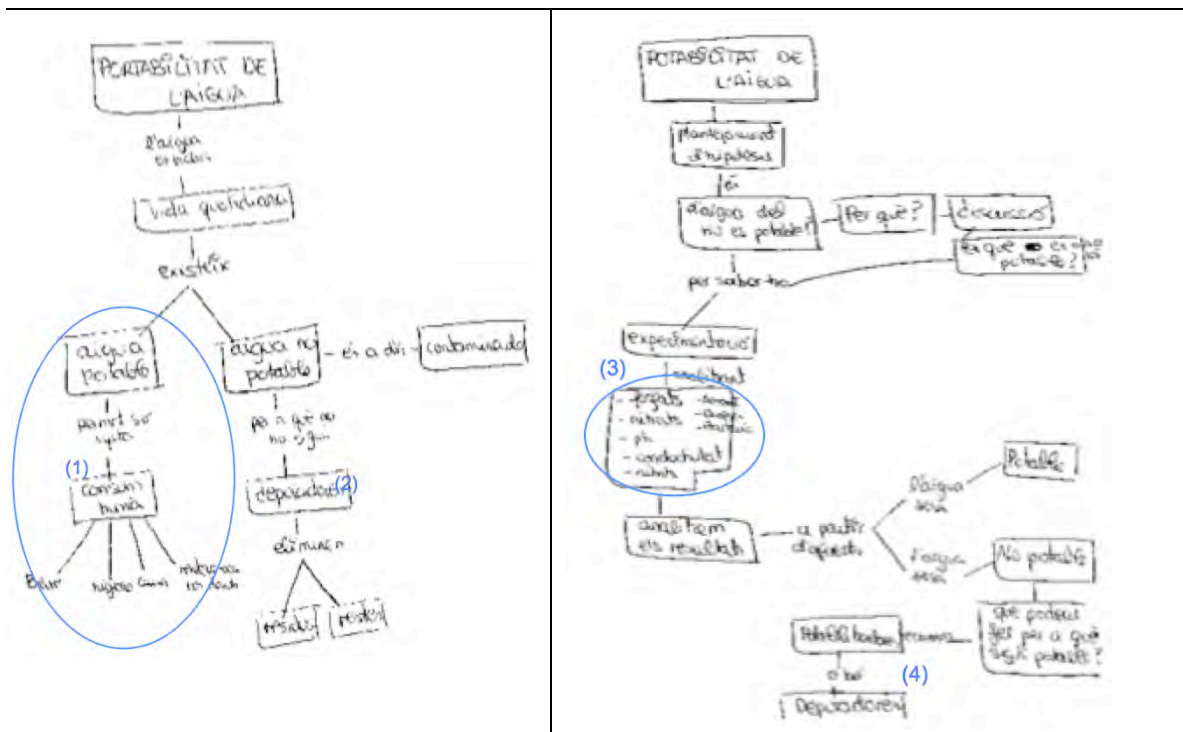
- i.* Taula d'anàlisi de l'evolució: imatges dels dos mapes conceptuals i determinació dels elements de l'arquitectura a) i del contingut b)
- ii.* arquitectura: estructura i nombre d'idees
- iii.* contingut: continguts clau, aprofundiment, evolució i procés d'indagació
- iv.* conclusió

5.1.2.1. Alumna 1

El primer cas representa el 10,6% dels alumnes que han participat al projecte, alumnes que al pretest i al posttest han obtingut un 1 i, per tant, no hi ha increment.

i. Taula d'anàlisi de l'evolució

ALUMNA 1



	PRETEST	POSTEST
Valoració	1	1
a) Arquitectura		
Estructura	Cadena que bifurca en dues subcadenaes	Cadena amb un bucle al tercer concepte, i que es bifurca en dues subcadenaes
Nombre idees	Senzill	Senzill
b) Contingut		
Continguts clau	Insuficients: Aigua potable (1)	Insuficients: Paràmetres de potabilitat (3)
Aprofundiment	S'aproxima al concepte d'aigua potable (1), i defineix que és apta per al consum humà. Afegeix que per a fer apta l'aigua contaminada se n'han d'eliminar els residus.	Anomena quins són els paràmetres de potabilitat (3) que cal analitzar per determinar si l'aigua és potable. No els anomena paràmetres de potabilitat.
Evolució	Error conceptual: confon potabilitzadora amb depuradora (2). No incorpora el procés d'indagació.	Error conceptual: continua sense distingir potabilitzadora de depuradora (4), però afegeix la paraula potabilitzadora. Afegeix el concepte de paràmetres de potabilitat per determinar si l'aigua és potable. Aquest ha estat molt rellevant pel projecte. Inclou totes les etapes del procés d'indagació.

Taula 37. Anàlisi de l'evolució de la resposta individual (1 a 1) a la pregunta de la Part 1 del test científic entre pretest i posttest de l'alumna 1

ii. Arquitectura

Es distingeix en primer lloc l'arquitectura del mapa conceptual. Segons les categories que hem fixat per avaluar els mapes conceptuals, l'estructura de mapa conceptual amb una menor integració i organització de les idees és el radial i respon a la categoria 1 d'avaluació. En aquest cas però, el mapa conceptual que configura aquesta alumna no s'ajusta a una estructura radial. Ella configura al pretest una cadena que bifurca en dues subcadenaes. Les darreres idees d'ambdues subcadenaes es connecten amb quatre i dos idees respectivament.

Així, a la Figura 58 hem volgut exemplificar el diagrama de l'arquitectura amb què aquesta alumna configura els seus mapes conceptuals. L'estructura encaixa de manera simbòlica i significativa dins d'un embut invertit. Així, parteix del concepte de potabilitat de l'aigua que desglossa en aigua potable i no potable, fins arribar a la part més oberta de l'embut. Aquí és on dona exemples dels usos de l'aigua potable ((1) al mapa conceptual), per una banda. Amb això s'aproxima al concepte d'aigua potable. I d'altra banda, anota què s'ha d'eliminar de l'aigua perquè sigui potable. En aquest punt manifesta un error conceptual, ja que confon potabilitzadora amb depuradora (2). En conjunt, ha estructurat el mapa en cadena ja que ha establert jerarquies entre conceptes.

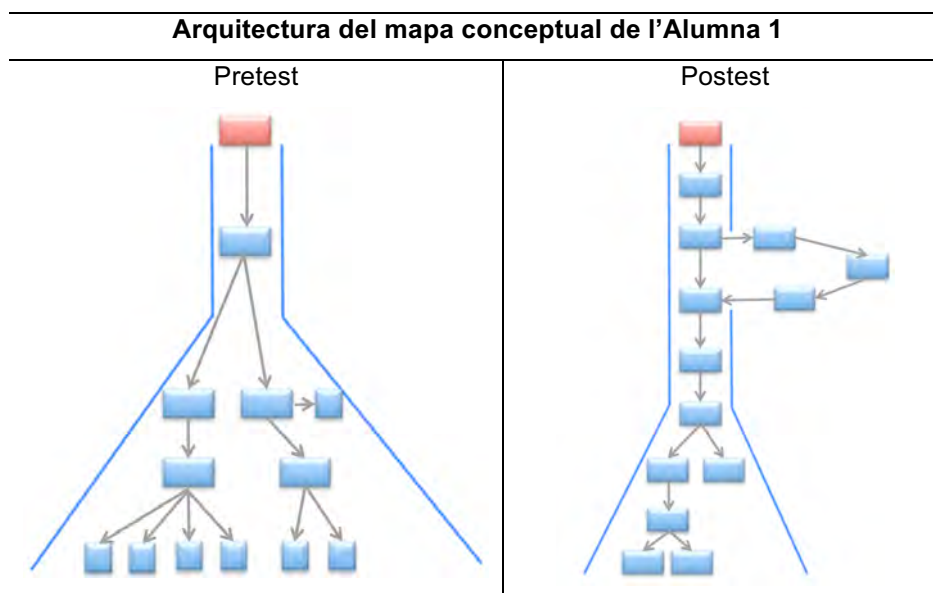


Figura 58. Interpretació de l'arquitectura dels mapes conceptuals (estructura i nombre d'idees) de pretest i posttest de l'alumna 1. Destaquem en color roig la posició del concepte central de "Potabilitat de l'aigua"

L'estructura que confereix al mapa conceptual del posttest és similar. També és una cadena jeràrquica que es bifurca en dues subcadenaes, però incorpora un bucle d'idees entremig de la part estreta de l'embut.

iii. Contingut

Al mapa de posttest, l'alumna ha inclòs la seqüència completa i adequada del procés d'indagació amb què es basa el nostre model pedagògic. En aquest sentit, l'alumna ha escollit una

estructura en cadena per representar un procés de passos consecutius. Pensem que és oportú mostrar-ho amb detall a la Figura 59, on hem seleccionat aquests processos d'indagació i hi hem associat les icones de treball científic facilitades com a bastides a la plataforma Metafora, espai de treball durant el projecte.

Elements del procés d'indagació al mapa conceptual de posttest de l'Alumna 1



Figura 59. Detall de la incorporació dels processos d'indagació al mapa conceptual de posttest de l'Alumna 1. Es delimiten els conjunts amb els requadres blaus i es caracteritzem amb la icona del procés d'indagació amb què s'ha treballat a la plataforma Metafora

Considerem que, malgrat en aquesta pregunta de la primera part del test s'encomana només de recollir els conceptes apresos, és rellevant que l'alumna inclogui la metodologia amb què ha construït els conceptes que inclou al mapa. Es sosté aquesta evidència amb els resultats de Gobert i col·laboradors (2010), que demostren que el coneixement sobre continguts científics i habilitats d'indagació estan estretament relacionades, ja que per construir una explicació científica es requereixen tant continguts com habilitats. Chabalengua i col·laboradors (2012) també defensen aquesta visió.

Així, interpretem que l'alumna associa amb naturalitat el procés de construcció i les habilitats implicades amb els conceptes construïts. A més, ho fa incorporant tots els processos d'indagació, anomenant-ne alguns explícitament: plantejament d'hipòtesis, que correspon a la icona de *formular hipòtesis*; experimentació i analitzant, que correspon a *disseny experimental*; i analitzem els resultats, que correspon a *discussió dels resultats*. Altres processos no els anomena directament, la *recerca d'informació* la relaciona amb fer una discussió sobre per què és o no potable.

Aquestes dades suggereixen que l'alumna està adquirint el que Shavelson (2005) anomena coneixement esquemàtic sobre el format epistemològic del projecte pedagògic, inclús quan tenen

manca de coneixement sobre continguts científics. Gobert i col·laboradors (2010) també van trobar uns resultats similars a aquests.

Per últim, tampoc anomena directament les *conclusions* però proposa elaborar-les en funció dels resultats de les anàlisis de potabilitat.

Incorpora un únic concepte clau, els paràmetres de potabilitat que esdevenen el criteri per decidir si l'aigua és o no potable. Tanmateix no els anomena tots. Obvia, per exemple, els microorganismes, que són decisius ja que, només que sigui aquest l'únic paràmetre que una mostra d'aigua superi, no és potable per riscos sanitaris d'infeccions.

Continua sense fer distinció entre depuradora i potabilitzadora, tot i que anota la paraula potabilitzadora (4). Al pretest havia inclòs la paraula depuradora confonent-la amb potabilitzadora i al postest inclou ambdues paraules però no les diferencia entre elles.

iv. Conclusió

Per tant, malgrat que sí que hi ha un progrés entre ambdós mapes conceptuals, aquest no és substancialment important com per reflectir-se en un canvi d'atribució d'una categoria d'avaluació superior. Estudiant amb deteniment les seves produccions, però, constatem que ha après durant el projecte i, per tant, ha millorat ja que ha incorporat conceptes científics treballats al projecte, malgrat ser insuficients.

5.1.2.2. Alumna 2

L'alumna 2 representa l'evolució més freqüent, d'1 a 2, patró d'evolució que es representa en el 72,3% dels alumnes.

i. Taula d'anàlisi de l'evolució

ALUMNA 2		
	PRETEST	POSTEST
Valoració	1	2
a) Arquitectura		
Estructura	2 cadenes aïllades	1 cadena
Nombre idees	senzill	senzill
b) Contingut		
Continguts clau	Insuficients: aigua potable (1)	Suficients: paràmetres de potabilitat (2) i aigua potable (5)
Aprofundiment	S'aproxima al concepte d'aigua potable (1). El relaciona amb les conseqüències de consumir aigua no potable, com contraure malalties	Profunditza en quins són els paràmetres de potabilitat (2) i que hi ha uns valors de referència establerts amb què comparar per decidir si una mostra d'aigua és potable (2'). S'aproxima a la definició d'aigua potable (5). És aigua transformada per ser apta per al consum humà. No ho enllaça directament amb els paràmetres de potabilitat, tot i que és implícit per l'ordre amb què enllaça els conceptes. Dona una dimensió social a la potabilitat de l'aigua proposant una reducció dels residus (3 i 3') i hi dona prioritat davant dels esforços per potabilitzar-la.
Evolució	Error conceptual: confon potabilitzadora amb depuradora. No coneix el concepte de potabilitzadora. No incorpora el procés d'indagació.	Error conceptual: no distingeix potabilitzadora de depuradora (4) Canvi conceptual: incorpora el concepte potabilitzadora, tot i que indefinit (4'). Incorpora alguns processos d'indagació en ordre lògic.

Taula 38. Anàlisi de l'evolució de la resposta individual (1 a 2) a la pregunta de la Part 1 del test científic entre pretest i posttest de l'alumna 2

ii. Arquitectura

En el cas de l'alumna 2 i en relació a l'arquitectura del mapa conceptual, ambdós són senzills pel que fa a nombre d'idees. Inclús al pretest hi ha més nombre d'idees que al posttest. Tanmateix, la diferència rau en com estan elaborades, connectades i la rellevància que tenen. En efecte, és al de posttest que en comparació incorpora més idees clau, més elaborades i integrades.

Fixant-nos ara en l'estructura, el primer mapa conceptual està constituït per dues cadenes aïllades entre elles, on una d'elles ni tan sols connecta amb el concepte central de potabilitat. Ho esquematitzem a la Figura 60. Aquesta és la de la part superior, que s'arqueja en sentit horari i a la vegada és la que incorpora més nombre d'idees. Interpretem, doncs, que aquesta alumna parteix del desconeixement del *topic* "Potabilitat de l'aigua" i que, a més, aquells aspectes que coneix no els relaciona entre ells. Per tant el seu coneixement d'entrada és confús i gens integrat.

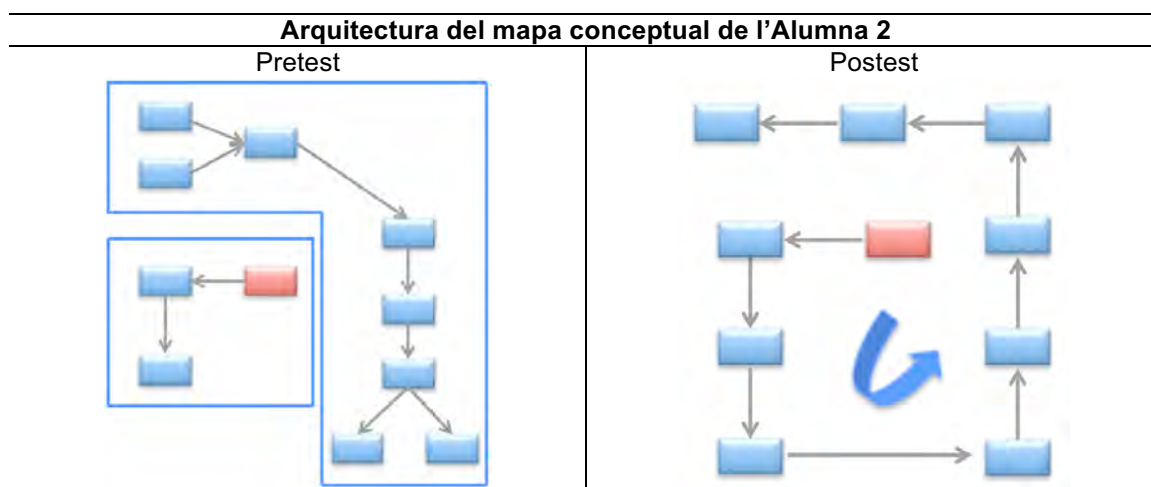


Figura 60. Interpretació de l'arquitectura dels mapes conceptuals (estructura i nombre d'idees) de pretest i posttest de l'alumna 2. Destaquem en color roig la posició del concepte central de "Potabilitat de l'aigua".

En el cas del posttest configura una cadena lineal sense ramificar on hi ha incloses totes les idees i hi situa el concepte central en primer lloc. Té una distribució en espiral i és centrífuga, situant al centre el concepte de "Potabilitat de l'aigua".

D'aquest canvi d'estructura entre els mapes conceptuals, inferim que ha millorat pel que fa a l'ordenació jeràrquica dels coneixements i integració d'aquests ja que queden tots connectats. Tanmateix no els empaqueta, però és interessant fixar-nos que excepcionalment ho fa amb els paràmetres de potabilitat (2) tot i no anomenar-los, però els agrupa tots en una mateixa caixa d'idees (veure Figura 61).

Empaquetament d'idees Alumna 2

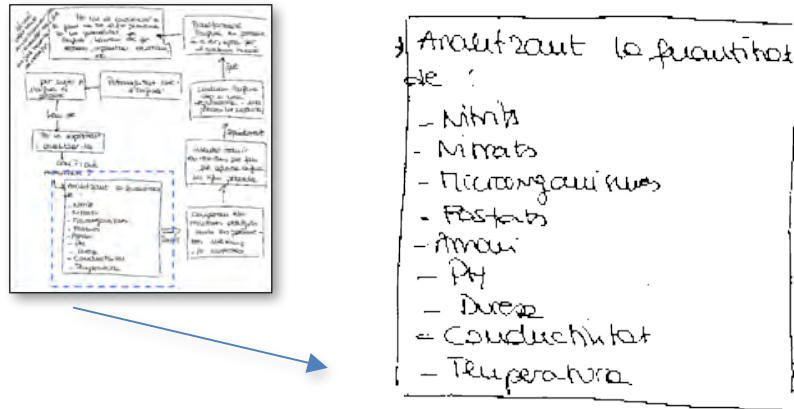


Figura 61. Únic empaquetament d'idees que fa l'alumna 2 al seu mapa conceptual, corresponent als paràmetres de potabilitat.

D'altra banda però, Kinchin i col·laboradors (2000) consideren que als alumnes que configuren cadenes per representar els seus mapes mentals, els pot resultar més difícil afegir conceptes rellevants ja que això genera conflictes de jerarquia. En una cadena, el concepte central es situa generalment en primera posició i només està connectat una vegada amb una segona idea i la tercera amb la segona i la quarta, i així successivament. Aquesta estructura és limitant ja que no permet a l'alumne encaixar altres idees rellevants de la mateixa jerarquia que altres idees. Com a conseqüència, els alumnes poden arribar a ometre conceptes que coneixen, fet que desproveeix de complexitat el mapa.

iii. Contingut

Respecte les idees que hi expressa, destaquem que tanca la cadena de tres idees on inclou el concepte central amb una pregunta (o) "per què no tots tenim accés a l'aigua potable?". Expressa, doncs, que no té un coneixement suficient del *topic* com per poder connectar què sap i ho fa amb idees disperses, poc profundes, i a més expressa interrogants que es planteja en pensar en el *topic*. De tota manera, i tot i ser una aproximació, en aquesta cadena curta planteja com a interrogant el que forma part d'un dels vuit Objectius de Desenvolupament del Mil·lenni plantejats a la Campanya del Mil·lenni per les Nacions Unides l'any 2002 per reduir la pobresa extrema a diverses dimensions fins l'any 2015; en aquest cas, l'accés a l'aigua potable (UN Millenium Project, 2005, pàg. 21). És interessant que l'alumna expressi aquesta preocupació i la connecti ja des del pretest amb el treball científic ja que d'aquesta manera supera un nivell de comprensió aïllat, connectant-ho amb les implicacions socioambientals. Des de la perspectiva dialògica de l'aprenentatge es fomenta aquesta dimensió que confereix complexitat al coneixement a partir de l'activació del raonament sociocientífic que proposen Romine i col·laboradors (2016).

Continuant amb els continguts científics del pretest, s'aproxima al concepte d'aigua potable ja que distingeix que el consum d'aigua no potable pot comportar-nos malalties (1). Progressa poc en aquest sentit al postest quan exposa que l'aigua potable és apta per al consum humà (5), per tant continua amb una aproximació a aquest concepte clau. Expressa que confon la potabilitzadora amb la depuradora. L'altre error conceptual que comet és considerar que per potabilitzar l'aigua és suficient amb un procés físic de filtració.

Al postest, tampoc concreta aquest aspecte però parla de transformació de l'aigua (4'), fet pel qual podem interpretar que l'alumna considera un tractament més sofisticat que el de filtració. Tanmateix, al postest s'evidencia que no té clara la diferència entre potabilitzadora i depuradora (4).

És positiu que al postest inclogui tots els paràmetres de potabilitat (2) que s'han d'analitzar de l'aigua per esbrinar la seva potabilitat. Aquest aspecte és clau per al projecte "Bec o no?" que hem plantejat ja que és el criteri científic que s'utilitza per distingir la potabilitat de l'aigua. A més, al projecte s'ha treballat amb aquests paràmetres, no només des d'un punt de vista teòric, sinó també experimental a partir de les anàlisis de les aigües. Per últim, inclou reflexions relatives a la nova cultura de l'aigua (3 i 3'), aprofundint en la dimensió social del concepte potabilitat de l'aigua.

Destaquem també la incorporació del procés d'indagació al mapa conceptual, així com ho ha fet també l'alumna 1 (Figura 62).

Elements del procés d'indagació al mapa conceptual de postest de l'Alumna 2

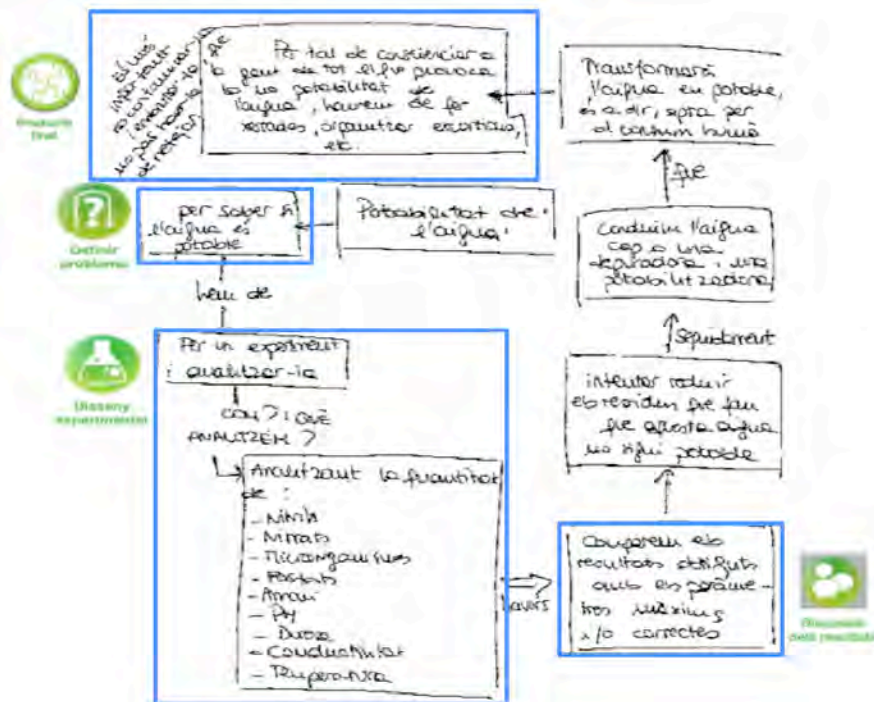


Figura 62. Detall de la incorporació dels processos d'indagació al mapa conceptual de postest de l'Alumna 2. Es delimiten els conjunts amb els requadres blaus i es caracteritzem amb la icona del procés d'indagació amb què s'ha treballat a la plataforma Metafora.

En aquest cas, l'alumna ha seleccionat els processos que ha considerat més rellevants. D'entrada planteja la *pregunta d'investigació o problema* de manera indirecta, amb una frase en condicional, "Per saber si l'aigua és potable". Una formulació en pregunta podria ser: "L'aigua és potable?"; o bé "Com podem saber que l'aigua és potable?". No inclou la *recerca d'informació* ni la *formulació d'hipòtesis*. Seguidament incorpora a la seva cadena allò que correspon al procés i icona de *disseny experimental* i proposa analitzar els paràmetres de potabilitat (2). A continuació proposa fer la *discussió de resultats* comparant-los amb els nivells màxims permesos. Sense anomenar les *conclusions*, continua amb la seqüència d'activitats encomanades al projecte: què fer per millorar les característiques de l'aigua i, finalment, com comunicar-ho a la població, el *producte final*. Relacionem, com en l'alumna 1, l'estructura del mapa conceptual en cadena que també representa l'alumna 2. Ambdós han utilitzat el procés d'indagació com a element organitzador dels continguts exposats al mapa conceptual.

iv. Conclusió

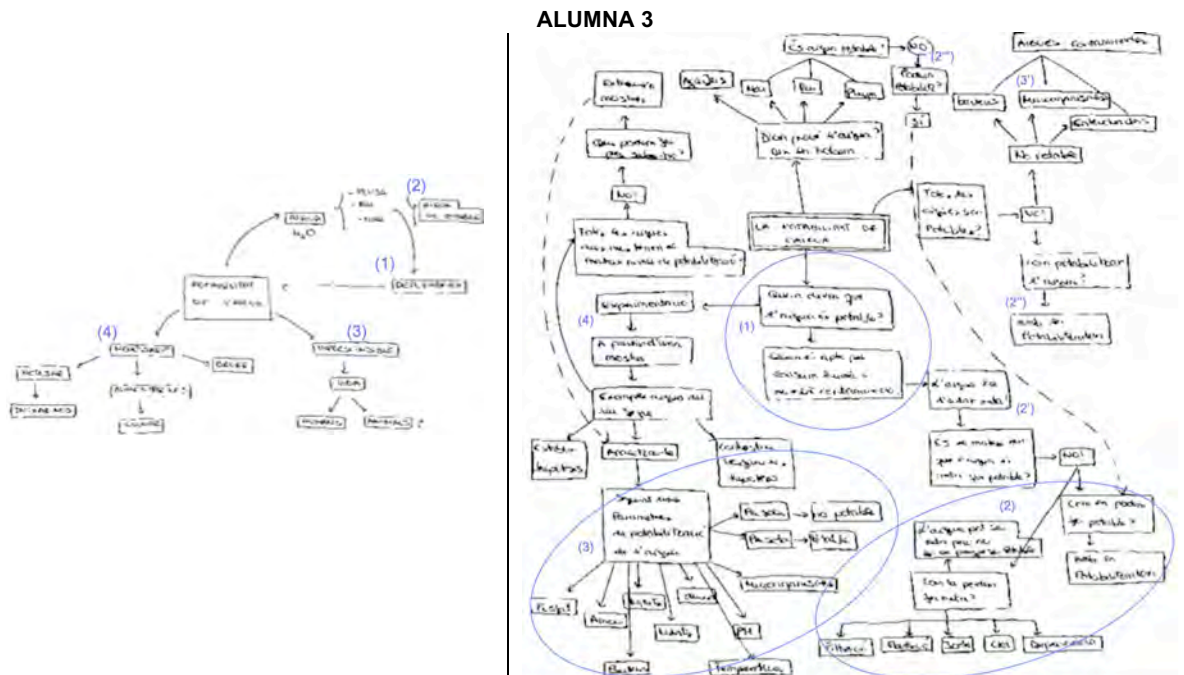
En síntesi, és per tot això que interpretem que el punt de partida d'aquesta alumna és de poc coneixement i de poca integració de les idees. Inclús comparant-la amb l'alumna 1, aquesta mostra més dispersió de les idees. Però l'evolució que fa al postest és destacable ja que ha ordenat les idees que ha incorporat. Tanmateix pensem que l'estructura de cadena ha limitat l'expressió de les seves idees.

5.1.2.3. Alumna 3

En tercer lloc, analitzarem un segon exemple de l'evolució del patró 1 a 2.

Focalitzarem en les diferències entre les respectives evolucions tot i ser valorades amb la mateixa qualificació segons els criteris que hem establert per quantificar i comparar les respostes de tots els alumnes.

i. Taula d'anàlisi de l'evolució



	PRETEST	POSTEST
Valoració	1	2
a) Arquitectura		
Estructura	xaixa	xaixa
Nombre idees	senzill	complex
b) Contingut		
Continguts clau	Insuficients: no reconeix cap concepte clau	Suficients: aigua potable (1), distingeix depuradora de potabilitzadora (2) i paràmetres de potabilitat (3)
Aprofundiment	El concepte d'aigua potable queda indefinit: determina els reservoris com a aigua no potable (2) i que és imprescindible per als humans tot i que per als animals ho deixa en interrogant (3). Anomena alguns usos que els humans fem de l'aigua (4).	Profunditza en el concepte d'aigua potable (1), definint-la com a apta per al consum humà i relacionant-ho amb que no ha de superar els paràmetres de potabilitat (3), que defineix amb profunditat. Distingeix a nivell profund depuradora de potabilitzadora, tot i que ho fa de manera deslocalitzada en diversos grups d'idees del mapa conceptual (2, 2', 2'' i 2'''). Defineix com a aigua no potable l'aigua dolça que hi ha als reservoris. Anomena que aquesta es potabilitza a la potabilitzadora. Pel que fa a la depuradora, determina que neteja però no potabilitza l'aigua. La definició de depuradora és poc definida.
Evolució	Error conceptual: confon potabilitzadora amb depuradora (1). No coneix el concepte de potabilitzadora. No incorpora el procés d'indagació.	Error conceptual: determina que per netejar l'aigua cal bullir-la, posar-hi iode i clor (2). Canvi conceptual: distingeix entre potabilitzadora i depuradora. Defineix profundament potabilitzadora. Incorpora els paràmetres de potabilitat com a criteri per decidir si l'aigua és o no potable. Afegeix alguns processos d'indagació en ordre lògic.

Taula 39. Anàlisi de l'evolució de la resposta individual (1 a 2) a la pregunta de la Part 1 del test científic entre pretest i posttest de l'alumna 3

ii. Arquitectura

L'alumna 3 elabora xarxes tant al pretest com al postest. La diferència substancial entre aquestes xarxes és que al postest connecta els paquets d'idees entre ells, en canvi a pretest defineix tres paquets d'idees que únicament connecten amb el concepte central. Pel que fa a nombre d'idees, al pretest configura un mapa conceptual senzill on, a més, no inclou cap concepte clau.

iii. Contingut

D'una banda, a l'exploració dels seus coneixements previs al pretest relaciona que els reservoris d'aigua dolça i salada no són potables (2) i que l'aigua potable és imprescindible per a la vida (3). En aquest punt és interessant destacar la manera com manifesta que desconeix si només som els humans que necessitem l'aigua potable, situant un signe d'interrogació al costat d'animals. A continuació, tal com explica el concepte de potabilitat no considerem que sigui una aproximació ja que hi relaciona poques idees que deixen el concepte indefinit. També evidencia en aquest moment un error conceptual quan determina que la depuradora (1) transforma l'aigua no potable en aigua potable. Per tant, confon potabilitzadora amb depuradora i, a més, no coneix què és una potabilitzadora ja que no l'anomena. Per últim, en un tercer paquet d'idees (4) anomena alguns usos domèstics que els humans fem de l'aigua, però sense relacionar-ho amb el paquet (3) on ha parlat de l'aigua per als humans.

D'altra banda, al postest configura una xarxa complexa carregada d'idees interrelacionades i integrades totes. Opta per fer-ho de dues maneres: 1- mitjançant dos tipus de fletxes, de línia contínua les que utilitza per vincular idees properes, i de línia discontinua per a les que relaciona com a idees allunyades; i 2- per mitjà del llenguatge repetint el concepte que vol enllaçar en diversos punts allunyats del mapa (2, 2', 2'', 2''' i 3 i 3'). Aquestes estratègies de relació permeten defugir de la jerarquització i relacionar, de manera gràfica d'una banda i natural d'altra, les idees per acabar definint els conceptes en profunditat.

Pel que fa als conceptes clau, defineix amb profunditat l'aigua potable (1) com aigua apta per al consum humà i estableix que el criteri per determinar-ho és que aquesta aigua no superi els nivells establerts pels paràmetres de potabilitat (3). Anomena tots els paràmetres excepte la conductivitat. Considerem en termes generals que defineix en profunditat els paràmetres de potabilitat. Matisem però que no integra bacteris en el conjunt dels microorganismes (3) i que a la part superior dreta del mapa ho torna a anomenar i ho fa reforçant aquesta separació en subconjunts de la mateixa jerarquia: bacteris, microorganismes i enterobacteris (3'). Per tant, ho considerem un error conceptual tot i que té una rellevància poc important per al nostre projecte ja que no hem focalitzat en el treball dels microorganismes.

La distinció que fa entre depuradora i potabilitzadora (2) és profunda però destaquem l'estratègia amb què ho aconsegueix. Com hem comentat abans, vincula en diferents paquets d'idees aquest concepte clau i l'acaba definint com a sumatori de les petites concrecions que va afegint. Aquestes concrecions són: (2)- l'aigua es potabilitza a la potabilitzadora i es neteja a la depuradora; (2')- No és el mateix aigua neta que aigua potable; (2'')- les aigües contaminades amb microorganismes es potabilitzen a la potabilitzadora, i finalment (2''')- l'aigua continguda als reservoris naturals no és aigua potable. En el punt (2), però, evidencia un error conceptual quan manifesta que l'aigua es fa neta, i per tant es depura, a partir de processos com l'ebullició, afegir iode i clor. La cloració, per exemple, és un procés propi del procés de potabilització i que té per objectiu evitar el desenvolupament de microorganismes, és a dir, és una substància bacteriostàtica.

Finalment, també volem ressaltar que l'alumna incorpora amb naturalitat elements del procés d'indagació (4), en una regió concreta del mapa conceptual (veure Figura 63).

Elements del procés d'indagació al mapa conceptual de posttest de l'Alumna 3

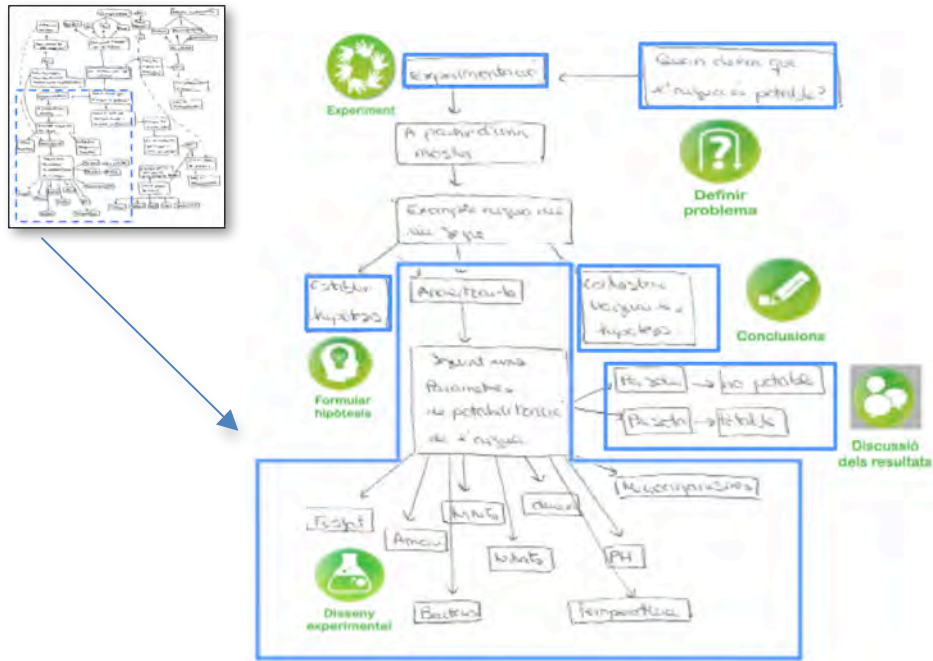


Figura 63. Detall de la regió del mapa conceptual de posttest de l'Alumna 3 on s'incorporen els processos d'indagació. Es delimiten els conjunts amb els requadres blaus i es caracteritzen amb la icona del procés d'indagació amb què s'ha treballat a la plataforma Metafora.

En el nostre model pedagògic aquesta és la manera com els alumnes aprenen: construint el coneixement científic. És per això que subratllem el fet que l'alumna 3 també integra en un mapa de conceptes els processos d'indagació amb els continguts científics que ha après.

Destaquem a la Figura 63 la regió on planteja com determinem que l'aigua és potable. Inicia amb la pregunta "Quan diem que l'aigua és potable?". Si ho ajustem a les icones amb què han treballat els alumnes durant el projecte "Bec o no?" a la plataforma Metafora, seria la de *definir el problema*. Continua dient que per demostrar-ho caldrà experimentar, representat amb la icona d'*experimentar*. Tot seguit proposa establir hipòtesis, que s'ajusta a la icona de *formular hipòtesis*. Llavors proposa analitzar els paràmetres que avaluen la potabilitat de l'aigua, procés que correspondria a la definició del disseny experimental. Encaixa el procés de *discussió dels resultats* quan determina que si els nivells obtinguts per cada paràmetre estan per sota del que es considera límit, l'aigua és potable i al revés. Finalment, amb la icona de *conclusions* s'inclouria el procés de contrastar o verificar de les hipòtesis.

En definitiva, i en termes de canvi conceptual, aquesta alumna n'inclou tres dels quatre que hem establert com a criteris d'avaluació: aigua potable (1); distinció entre potabilitzadora i depuradora (2), i paràmetres de potabilitat (3). Per tant, passa de no reconèixer cap concepte clau al pretest a tres al posttest, i a nivell profund.

El concepte clau que li ha mancat incloure a l'alumna 3 al mapa conceptual del postest ha estat el de vincular els paràmetres de potabilitat amb els contaminants i el seu origen. Des d'un punt de vista de la complexitat dels conceptes, dels quatre conceptes clau és el de contaminants i el seu origen el que implica un major nivell de coneixements i la integració dels tres anteriors. Per tant, aquesta alumna incorpora suficients conceptes clau des del punt de vista dels objectius d'aprenentatge que preteníem amb el projecte, però li manca aquest nivell superior de coneixement perquè siguin complets.

iv. Conclusió

Considerem que la intervenció ha tingut un impacte ampli i positiu en l'aprenentatge d'aquesta alumna. I en contrast amb l'alumna 2, molt major. L'alumna 2 partia del reconeixement a nivell d'aproximació d'un concepte i al postest s'ha mantingut en l'aproximació, tot i que ha assolit a nivell d'aprofundiment un segon concepte que desconeixia. L'alumna 3 partia de poc coneixement de tots els conceptes clau i ha assolit al postest un nivell de definició profund de tres d'ells. El quart concepte clau no l'anomena.

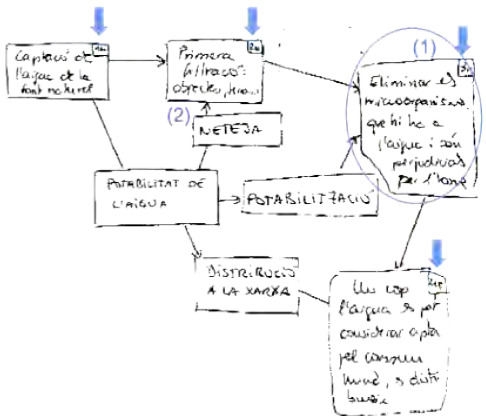
En síntesi, quan es compara el contingut científic dels mapes conceptuals de postest de les alumnes 2 i 3, es mostra que és en l'alumna 3 que hi ha un salt qualitatiu destacable que evidencia un major grau de coneixement i aprofundiment en els conceptes. D'entrada, una estructura organitzada en xarxa denota que l'alumna cognitivament empaqueta els grups d'idees recollides sota un mateix tema d'interès. A més, estableix relacions entre aquests paquets a partir d'idees concretes que enllaça amb fletxes, de tal manera que queden integrats i constitueixen un marc de relacions que l'alumna ha anat teixint al llarg del seu aprenentatge. Així, exterioritza la complexitat dels seus coneixements i concreta tres dels quatre conceptes clau treballats àmpliament durant el projecte.

Per contra, l'estructura que ha definit l'alumna 2 en cadena, fa que els conceptes quedin definits a nivell superficial i que, per tant, que restin en aproximacions. El nivell d'integració de les idees és baix limitant-se a l'establiment d'una jerarquització, és a dir, situa les idees segons nivell d'importància respecte el concepte central i primer. No connecta idees de diferents nivells i això ho interpretem com que l'alumna fa una composició del coneixement superficial. Els conceptes que reconeix són aquells que estan més estretament lligats al procés d'indagació aplicat al concepte central i que hem treballat al projecte de manera més directa: la definició d'aigua potable i els paràmetres de potabilitat com a criteri per determinar si l'aigua és o no potable. En canvi, l'alumna 3, tot i també incloure el procés d'indagació al seu mapa conceptual, l'organització en xarxa d'aquest no l'ha limitat a expressar altres idees i conceptes clau.

5.1.2.4. Alumna 4

En quart lloc, analitzem el patró d'evolució d'1 a 3 que han fet el 13% dels alumnes. Són alumnes que han incrementat dos punts, partint com en els darrers casos d'un pretest de 1 i evolucionant fins a la màxima puntuació.

i. Taula d'anàlisi de l'evolució

		ALUMNA 4	
		PRETEST	POSTEST
			
Valoració		1	3
a) Arquitectura			
Estructura		Cadena/radial: estableix un ordre dels esdeveniments (↓) i els connecta tots amb el concepte central	Xarxa
Nombre idees		Senzill	Complex
b) Contingut			
Continguts clau		Insuficients: aigua potable	Complet: distingeix depuradora de potabilitzadora (3), fonts de contaminació (4), paràmetres de potabilitat (5), aigua potable (6)
Aprofundiment		Aborda una aproximació al concepte d'aigua potable des de la perspectiva d'un paràmetre que determina la potabilitat de l'aigua, la presència de microorganismes perjudicials per als humans (1)	Defineix amb profunditat els paràmetres de potabilitat (5) i els relaciona amb les seves fonts de contaminació (4). Distingeix entre depuradora i potabilitzadora (3), però la definició que fa de cadascuna és aproximada. Defineix amb profunditat l'aigua potable: aigua apta per al consum humà i que compleixi els paràmetres de potabilitat. No comenta la dimensió social.
Evolució		Error conceptual: separa del procés de potabilització el que anomena "neteja" i que defineix com a "filtració de partícules" (2). No incorpora el procés d'indagació.	Canvi conceptual: utilitza el concepte "netejar" per definir el procés que es fa a l'aigua en una depuradora i "potabilitzar" per anomenar què es fa a la potabilitzadora. No incorpora el procés d'indagació.

Taula 40. Anàlisi de l'evolució de la resposta individual (1 a 3) a la pregunta de la Part 1 del test científic entre pretest i posttest de l'alumna 4.

ii. Arquitectura

L'arquitectura del mapa conceptual es representa a la Figura 64. En el cas del pretest, de les set idees que inclou en relaciona quatre directament amb el concepte central. És per aquest motiu que podríem classificar-ho segons estructura radial. Aquestes idees fan referència als noms amb què classifica els passos que segueix l'aigua des de la seva captació fins a les nostres llars. Però amb les tres idees restants enllaça els primers quatre conceptes que hem anomenat entre ells dibuixant allò que podria esdevenir una segona capa d'aprofundiment en els conceptes que expressen aquestes primeres idees. Marquem amb fletxes (→) a la Taula 40 com l'alumna, a més a més, numera aquesta segona capa i, per tant, estableix una seqüència d'esdeveniments. És per tot això que determinem que l'estructura d'aquest mapa conceptual combina l'estructura radial i la cadena.

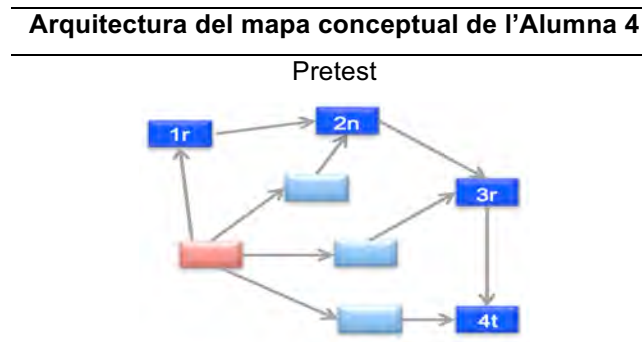


Figura 64. Interpretació de l'arquitectura del mapa conceptual (estructura i nombre d'idees) de l'alumna 4. Destaquem en color roig la posició del concepte central de "Potabilitat de l'aigua" i en color blau fosc la segona capa d'aprofundiment en les idees

D'una banda, el concepte que reconeix i, que per tant fa que valorem amb la categoria 1 al pretest, és el d'aigua potable. Quan ho defineix (1), s'aproxima al concepte relacionant l'aigua no potable amb la presència de microorganismes, fet que al postest ja reconeix com un dels paràmetres de potabilitat. D'altra banda, expressa un error conceptual quan dissocia del procés de potabilització allò que anomena "neteja" de l'aigua i que defineix com a "filtració de partícules" (2).

Pel que fa a l'arquitectura del postest, és una xarxa complexa d'integracions d'idees. Aprofundeix àmpliament en els conceptes clau, tot i que ens fixem que no ha introduït cap element del procés d'indagació. Resseguint el mapa conceptual en sentit antihorari: s'aproxima a la distinció entre depuradora de potabilitzadora (3); aprofundeix en quines són les fonts de contaminació (4); les relaciona amb els paràmetres de potabilitat que fan incrementar els seus nivells (5), i defineix amb profunditat "aigua potable" (6). L'alumna mostra una bona capacitat de síntesi, ha triat amb adequació els conceptes més rellevants que hem treballat al projecte i els ha integrat i distribuït a l'espai de manera lògica. La integració d'idees és alta ja que estan connectades entre elles i empaquetades per conjunts relacionats i cadascun correspon a un dels conceptes clau: (3), (4), (5), (6) i les fonts de captació d'aigua.

Evidenciem l'alt grau d'empaquetament a la secció del mapa on estableixen els paràmetres de potabilitat (5), tant el pH com la conductivitat els relaciona amb el seu significat i alhora amb la duresa. D'aquesta manera estableix fins a quatre nivells d'empaquetament i el darrer, finalment, l'enllaça amb el nivell 2. Això és doncs una notable evidència del potencial que té una estructura en

xarxa per suportar moltes interconnexions entre idees i que ajuden a expressar un concepte de manera profunda.

Per últim, cal destacar que en aquest cas l'alumna no ha incorporat els processos d'indagació per organitzar el seu mapa conceptual, tal i com ho han fet les alumnes 1, 2 i 3.

iii. Contingut

Per últim, volem destacar el canvi conceptual que reflecteix anomenant "netejar" al procés que es fa en una depuradora i "potabilitzar" al que es fa en una potabilitzadora, quan al pretest havia inclòs la paraula "netejar", però separada del procés de potabilització. En aquest sentit pensem que ha reubicat la paraula netejar i l'ha relacionat amb el procés de depuració com s'escau més.

iv. Conclusió

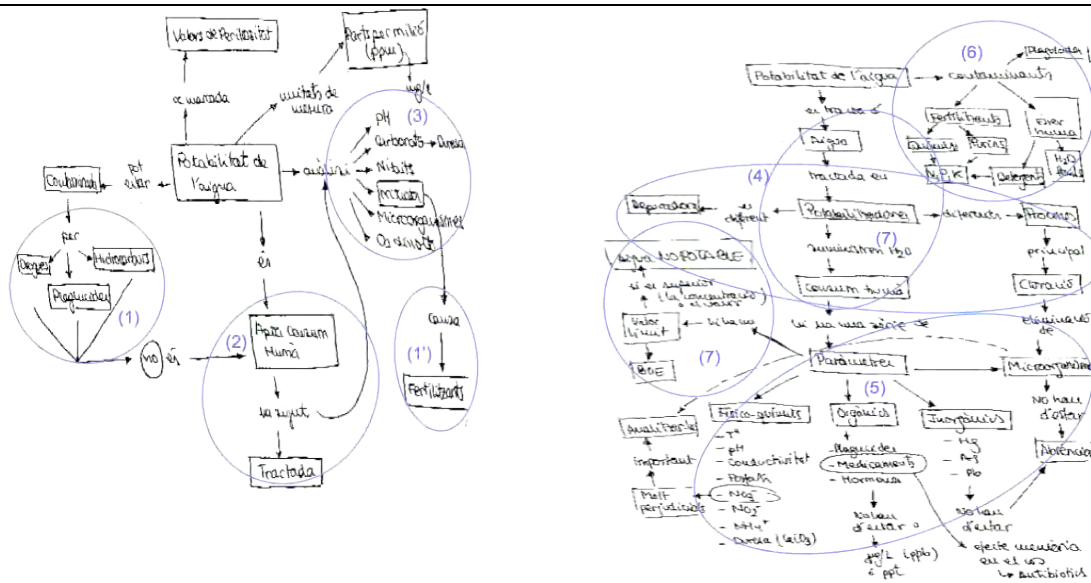
A partir de l'estudi de l'evolució d'aquesta alumna determinem que ha interioritzat i integrat els aprenentatges en un marc de relacions complexes que estructura i organitza amb claredat.

5.1.2.5. Alumna 5

En cinquè i darrer lloc, analitzem l'única alumna que, de manera excepcional respecte el grup, té un punt de partida amb una valoració de 2. Com podríem esperar, la seva evolució és positiva i destacable fins al 3. Representa el patró 2 a 3.

i. Taula d'anàlisi de l'evolució

ALUMNA 5



	PRETEST	POSTEST
Valoració	2	3
a) Arquitectura		
Estructura	Xarxa	Xarxa
Nombre idees	Complex	Complex
b) Contingut		
Conceptes clau	Suficients: fonts de contaminació (1 i 1'), aigua potable (2) i paràmetres de potabilitat (3).	Complet: distingeix depuradora de potabilitzadora (4), paràmetres de potabilitat (5), fonts de contaminació (6), aigua potable (7).
Aprofundiment	S'aproxima a la definició de les fonts de contaminació, només en un cas la relaciona amb el paràmetre de potabilitat (1'). Defineix profundament el concepte d'aigua potable: el relaciona amb els paràmetres i determina que és apta per al consum després de ser tractada (2). S'aproxima a la definició de paràmetres de potabilitat, tot i que sense anomenar-los, i els considera el criteri per definir si l'aigua és potable i s'han d'anitzar, però no té en compte que s'estableixen uns nivells màxims a partir dels quals es determina que l'aigua ja no és potable. No té en compte els microorganismes (3).	Distingeix entre depuradora i potabilitzadora (4), no defineix depuradora però sí que ho fa profundament amb potabilitzadora, posant èmfasi a l'eliminació dels microorganismes. Defineix amb profunditat els paràmetres de potabilitat (5), tot i que no els relaciona amb les seves fonts de contaminació (6). Els classifica segons la seva naturalesa química. Defineix amb profunditat "aigua potable" (7): aigua apta per al consum humà i que compleixi els paràmetres de potabilitat establerts al BOE. Amb això contempla la dimensió social.
Evolució	No comet errors conceptuals. No incorpora el procés d'indagació.	Incorpora nous conceptes i defineix amb més profunditat les fonts de contaminació i els paràmetres de potabilitat. No incorpora el procés d'indagació.

Taula 41. Anàlisi de l'evolució de la resposta individual (2 a 3) a la pregunta de la Part 1 del test científic entre pretest i posttest de l'alumna 5

ii. Arquitectura

Aquesta alumna, tant a pretest com a postest, organitza els seus mapes conceptuals amb estructures de tipus xarxa. En el primer, estableix quatre paquets d'idees i una idea aïllada i ho vincula tot al concepte central (veure Taula 41). Tres dels quatre paquets d'idees estan relacionats entre ells. Així ens mostra l'alumna que el grau d'interiorització del coneixement que té sobre el *topic* és elevat ja en el seu punt de partida.

iii. Contingut

Els conceptes que coneix d'entrada són: la majoria de paràmetres de potabilitat (3), per tant s'aproxima al concepte; aprofundeix en la determinació de les fonts de contaminació (1 i 1'); defineix profundament el concepte d'aigua potable (2). Pel que fa als paràmetres, no contempla el paràmetre microorganismes, que tindrà especial importància durant el projecte.

Al postest estableix també una xarxa. L'esquelet d'aquesta, però, es defineix amb una cadena central que vertebrava i fa de distribuïdor de tres amplis empaquetaments d'idees. No ho podem atribuir a l'estructura de cadena, ja que estableix relacions entre dos dels tres paquets d'idees i, per tant, no ha utilitzat l'estructura central com a jerarquia sinó com a distribuïdor. El darrer empaquetament parteix del darrer concepte de la columna, "paràmetres" (5), i és el més complex, amb fins a 10 nivells de connexió entre idees, per tant els defineix amb molta profunditat. En aquest segon mapa sí que integra àmpliament la rellevància del paràmetre microorganismes (5). Inclou l'origen i les fonts de contaminació (6), tot i que no ho relaciona amb els paràmetres de contaminació, fet que l'alumna 3 compleix àmpliament. Diferencia depuradora de potabilitzadora (4). I defineix el concepte d'aigua potable (7) connectant amb les lleis definides a nivell estatal, cosa que no ha inclòs cap dels altres alumnes i, per tant, dona una dimensió social al concepte des del punt de vista de la gestió comunitària de l'aigua.

En aquest darrer cas, com en l'anterior, l'alumna tampoc incorpora elements explícits del procés d'indagació. Tanmateix, i de manera testimonial, incorpora tant a pretest com a postest que de l'aigua se n'han d'anitzar els paràmetres de potabilitat.

iv. Conclusió

Aquesta darrera alumna també amplia considerablement els seus coneixements ja que incorpora nous conceptes i en defineix amb més profunditat alguns d'ells. Però aquesta millora no es tradueix en un gran increment ja que l'evolució segons les categories d'avaluació només és d'un punt. Ha guanyat en integració d'idees i ha incorporat de manera significativa nous conceptes que desconeixia.

5.1.2.6. Síntesi

Una vegada analitzats amb profunditat els diferents patrons d'evolució dels alumnes per la primera part del test, recapitem i comentem els aspectes més rellevants d'aquesta anàlisi qualitativa.

- **El mapa conceptual com a eina d'avaluació de la composició dels aprenentatges**

L'estudi realitzat permet afirmar que el mapa conceptual és un instrument d'avaluació que pot ajudar a conèixer de quina manera els alumnes han integrat els coneixements, com els jerarquitzen, els organitzen i els interrelacionen els uns amb els altres. El potencial d'aquesta eina és que, no només es centra en l'avaluació d'un aspecte concret com fan les preguntes que hem plantejat a la segona part del test, sinó que ens ajuda a conèixer la comprensió que té l'alumne sobre un tema ampli. Ens ha ajudat a comprendre quins continguts científics han interioritzat els alumnes de manera significativa i la profunditat d'aquesta integració a partir de l'externalització dels enllaços entre idees científiques que han construït durant l'aprenentatge (Scott et al., 2011), és a dir, les característiques d'un bon aprenentatge.

- **L'estructura del mapa conceptual com a evidència que l'alumnat integra les idees**

En la majoria dels casos tant les cadenes com els mapes conceptuais radials tenen variacions com ara petites ramificacions o alguna aproximació a empaquetaments d'idees.

Destaquem que cap alumne al postest ha realitzat el mapa conceptual en estructura radial ni cadena simple. En canvi, al pretest sí que han utilitzat tota la diversitat de mapes conceptuais que hem caracteritzat. Plantegem tres explicacions a aquests fenòmens: 1) la quantitat de coneixements a exposar i el grau de comprensió i integració d'aquests al postest fa que els alumnes percebin l'estructura de xarxa com l'estructura que els ofereix més possibilitats i llibertat per poder organitzar i interconnectar les idees i en definitiva expressar la profunditat del seu coneixement; 2) al pretest, i per tant a l'exploració inicial d'idees, el fet de tenir pocs coneixements fa que les idees no estiguin connectades entre elles i esdevé més fàcil expressar-les intuïtivament en estructures com la radial o cadena (Kinchin et al., 2000) i 3) configurar una cadena, sigui simple o lleument ramificada pot ser una estratègia individual per cercar un fil argumental i seqüencial lògic per explorar els propis coneixements.

Els resultats de Liljeström i col·laboradors (2013) reforcen els nostres resultats, ja que en el seu estudi sobre l'anàlisi de pretest i postest de l'aprenentatge dels alumnes a partir de la intervenció amb un projecte d'indagació sobre l'Edat de Gel, també han pogut demostrar que els alumnes comprenen els enllaços entre continguts rellevants del *topic* del projecte i que, en definitiva, els processos cognitius emergeixen durant les activitats i el desenvolupament de processos d'indagació.

El punt de partida de l'alumnat és, en general, de poc coneixement del tema del projecte. La mitjana de l'avaluació per aquesta primera part del test és d'1 i, en efecte, inferior a la meitat de la puntuació, que és d'1,5. A més, la dispersió entre aquestes qualificacions és baixa, per tant la majoria dels alumnes de la mostra tenen un punt de partida similar. Hem vist que les idees que manifesten són poc profundes i estan poc interconnectades.

- **La intervenció ha promogut el canvi conceptual en ciències**

Els alumnes no només incorporen noves idees que no coneixien prèviament sinó que el projecte promou que prenguin consciència dels errors conceptuals i els canviïn. En aquest sentit, Lemke (2001) afirma que des de la perspectiva sociocultural el canvi cognitiu en ciències implica, més que un canvi de concepte, canviar el paradigma social i cultural.

D'altra banda, Garcia-Mila i col·laboradors (2011) proposen que els canvis cognitius són fruit del canvi d'estratègies poc efectives per les efectives després de connectar amb el context d'aprenentatge de manera iterativa i activar la metacognició. Considerem que la intervenció ha

propiciat en els alumnes aquest canvi i destaquem en especial l'orientació de les ajudes a l'aprenentatge per facilitar la metacognició, com ara la integració del llenguatge visual a Metafora per construir el mapa Metafora que els alumnes utilitzen per planificar, organitzar i reflexionar sobre el procés conjunt d'indagació.

- **El treball amb la plataforma Metafora ha afavorit la incorporació d'estratègies de representació d'idees als mapes conceptuals.**

Els mapes conceptuals de posttest, des del punt de vista de l'estructura, són més elaborats. Hem pogut veure als exemples representatius analitzats que els alumnes han incorporat estratègies gràfiques de representació d'idees. En són exemples: recórrer a l'estructura de xarxa, i és que la majoria dels mapes conceptuals de posttest tenen aquesta estructura; enquadrar un conjunt d'idees que atenen a un mateix conjunt dins d'un mateix requadre; establir codis de representació com ara fletxes de línia continua i discontinua per expressar diferents tipus de relacions; i repetir una mateixa idea matisant-la enllaçada a diferents conjunts d'idees.

- **El treball amb la plataforma Metafora, i concretament la planificació del procés a partir de les icones visuals de les etapes de la indagació, ha afavorit que els alumnes amb valoracions d'1 i 2 al posttest incorporin el procés d'indagació al seu mapa conceptual**

La meitat dels alumnes amb una evolució de [1-1] i més d'un quart amb una evolució de [1-2], utilitzen les etapes del procés d'indagació que han après a la plataforma Metafora per estructurar el seu mapa conceptual. En contrast, cap alumne amb un posttest valorat amb un 3 incorpora explícitament processos d'indagació.

Es sostén aquesta evidència amb els resultats de Gobert i col·laboradors (2010) que demostren que el coneixement sobre continguts científics i habilitats d'indagació estan estretament relacionades, posat que per construir una explicació científica es requereixen tant conceptes com habilitats. A més, aquestes dades suggereixen que l'alumnat està adquirint allò que Shavelson (2005) anomena coneixement esquemàtic sobre el format epistemològic del projecte pedagògic, inclús quan tenen mancances sobre els continguts científics.

Pensem que això els ajuda a fer una revisió del que han après per incorporar els conceptes treballats durant el projecte seguint l'ordre amb què els han construït durant aquest. En definitiva, aquest recurs l'han utilitzat alumnes amb un nivell de coneixements més baix de continguts científics sobre la potabilitat de l'aigua. En aquesta línia, Hulshof i de Jong (2006) han demostrat que les habilitats d'indagació poden ajudar als alumnes a compensar les mancances sobre coneixements conceptuals. Des del nostre punt de vista, i en el context del projecte que els hem plantejat, considerem que és interessant que hagin compensat les mancances de coneixements sobre continguts seguint aquesta estratègia, ja que han recorregut a la manera com es construeixen aquests amb la indagació. Pensem que malgrat que no hagin incorporat més continguts, coneixen la manera com construir-los.

- **El concepte clau "paràmetres de potabilitat" és el que més alumnes incorporen al mapa conceptual de posttest**

Probablement aquest és el concepte clau més significatiu de tots ja que per al projecte "Bec o no?" suposa el criteri per determinar si l'aigua és o no és potable. Cada grup ha analitzat cadascun dels paràmetres de la seva mostra d'aigua, per tant ha hagut de definir i esbrinar com analitzar-los a partir d'una recerca activa d'informació. Així és com han elaborat el disseny experimental. També han

configurat taules per registrar els resultats obtinguts i els han comparat amb els nivells màxims d'aquests paràmetres. I per últim, els han hagut de comparar amb les seves fonts, malgrat que aquest darrer concepte clau hagi estat el menys incorporat als mapes conceptuals dels alumnes.

- **La dimensió social s'ha començat a incloure en la majoria dels mapes conceptuals**

El segon i tercer reptes plantejats al projecte pretenen incentivar els alumnes a reflexionar sobre les implicacions socials que té una qüestió sociocientífica complexa com és la gestió que fem els humans de l'aigua. Així, el fet d'incorporar una dimensió social dota de complexitat els aprenentatges i els alumnes construeixen un criteri per poder ser crítics i responsables amb una fonamentació científica. Així, els alumnes han desenvolupat allò que Romine i col·laboradors (2016) defineixen com a raonament sociocientífic. L'alumnat ha evolucionat del pensament naïf i de baix nivell cognitiu al pensament representatiu de maneres d'entendre i resoldre qüestions sociocientífiques (SSI) amb fonamentació i des de la comprensió de la complexitat. Per tant, han desenvolupat les següents habilitats i estratègies: 1) reconèixer la complexitat inherent de l'SSI; 2) examinar els fets des de múltiples perspectives; 3) comprendre que els SSI són subjectes d'una indagació continuada, i 4) examinar la informació potencialment esbiaixada amb escepticisme. Malgrat haver destinat poques sessions comparativament a aquests reptes, considerem que ha estat molt interessant l'impacte que ha tingut en l'alumnat. A més, haver de comunicar els resultats sobre una investigació científica realitzada a nivell local, és significatiu no només pels alumnes sinó per tota la comunitat local (Renzulli, Gentry i Reis, 2004).

- **Els alumnes han après continguts científics**

Aquesta ha estat la pregunta del postest on hi ha hagut un major increment de mitjana, més d'un punt. El 90% dels alumnes millora notablement els seus coneixements inicials a partir de la intervenció. Per tant, participar al projecte "Bec o no?" ha ajudat als alumnes a aprendre des del punt de vista de la construcció d'enllaços que proposen Scott i col·laboradors (2011): conèixer i valorar els continguts científics més rellevants pel que fa al tema "potabilitat de l'aigua"; incorporar aquests nous conceptes i definir-los amb profunditat; enllaçar-los i integrar-los entre ells organitzant-los per jerarquies i conjunts similars; classificar els conceptes en grans paquets d'idees i anar del més general al més concret, i fer el canvi conceptual que implica reconèixer errors conceptuals (Leach & Scott, 2003).

L'anàlisi dels resultats obtinguts permet afirmar que la intervenció ha promogut que els alumnes generin una xarxa complexa i organitzada de coneixements sobre continguts científics de la potabilitat de l'aigua. Alguns autors relacionen que els alumnes que no construeixen mapes de tipus xarxa, com podrien ser els de tipus cadena, perceben l'ensenyament com a seqüencial i aquest alumnat té mancances en la construcció d'enllaços entre continguts científics (Scott et al., 2011), fet que dona lloc a jerarquies verticals (Martin, 1994). Com ja hem comentat, aquest tipus d'estructuració de les idees dificulta, si bé limita, l'expressió i la incorporació de noves idees per conflictes de jerarquia.

5.2. Anàlisi de l'adquisició o millora d'habilitats d'indagació

A l'histograma de la Figura 65 es representen les mitjanes dels resultats dels 47 alumnes per als ítems d'avaluació de Pretest i Postest relatius a la segona part de la prova que, com ja s'ha dit

anteriorment, s'ha dissenyat explícitament per avaluar el coneixement dels alumnes sobre habilitats científiques d'indagació.

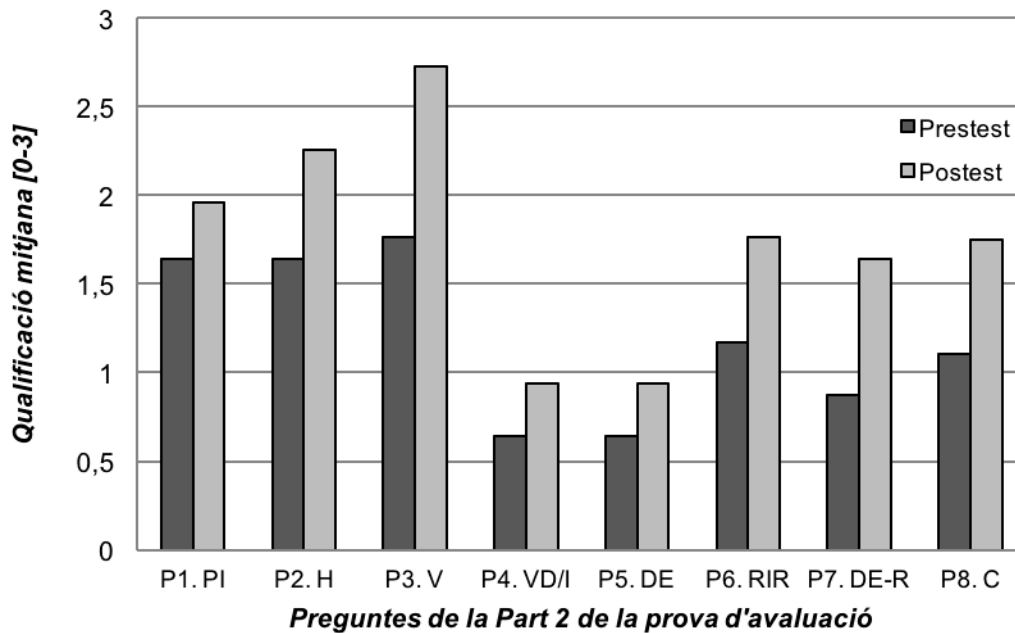


Figura 65. Representació de les mitjanes de les qualificacions de cada ítem d'avaluació per pretest i posttest

Tal i com es pot veure a la representació dels resultats de la Figura 65, la participació dels alumnes al projecte "Bec o no?" ha contribuït que millorin en totes les habilitats d'indagació avaluades en els set ítems.

A continuació, als dos apartats següents es prossegueix amb l'anàlisi de l'histograma des de diferents punts de vista. Al primer apartat 5.2.1, s'analitzarà el pretest per conèixer quin és el punt de partida de l'alumnat. Al segon apartat 5.2.2. es comentaran els resultats de posttest i es discutirà sobre l'evolució que han fet els alumnes pel que fa a millora o adquisició d'habilitats d'indagació. La discussió dels apartats s'organitzarà en tres parts. En primer lloc es començarà per un comentari general dels resultats a), en segon lloc s'identificarà un punt de tall b) per distingir el nivell de coneixement que assolixen els alumnes per cada ítem i en tercer lloc, es relacionaran els resultats amb el nivell de demanda cognitiva de les habilitats d'indagació c) segons la classificació de Wenning (2005) d'habilitats científiques d'indagació bàsiques, integrades i avançades.

Per últim, en un quart apartat 6.1.4. es farà una síntesi de les principals aportacions de tota l'anàlisi quantitativa de la segona part de la prova d'avaluació desenvolupada per comprendre l'evolució dels alumnes sobre l'adquisició i/o millora d'habilitats científiques.

5.2.1. Coneixements previs sobre habilitats d'indagació: Pretest

a) Comentari general dels resultats

Per conèixer quin és el punt de partida de la mitjana de l'alumnat, ens fixem en les qualificacions dels ítems de pretest. S'evidencia a la Figura 65 que la mitjana de les qualificacions dels alumnes pels ítems P4.VD/I, P5. DE, P6. RIR, P7.DE-R i P8.C avaluats es situa per sota de l'1,5 i només en tres per sobre, que són els ítems P1.PI, P2.H i P3.V.

b) Punt de tall

Per distingir el nivell de coneixements inicials que tenen els alumnes sobre les habilitats d'indagació, s'estableix un punt de tall per als resultats dels ítems d'avaluació que facilitarà la distinció entre puntuacions inferiors o superiors a aquest valor. Posat que les categories d'avaluació van de 0 fins a 3, es situa el punt de tall en 1,5/3 punts ja que és la meitat de la puntuació total.

A partir de la distinció dels resultats segons el punt de tall, es presenten a la Taula 42 els ítems organitzats de menor a major segons la qualificació mitjana dels participants:

Rang	Codi de pregunta	ítem	Nivell cognitiu de les habilitats d'indagació
- Inferior [0-1,5]	(P4. VD/I)	Distinció entre variable dependent i independent	<i>Bàsiques</i>
	(P5. DE)	Objectiu i funció de les mostres control per contrastar els resultats en un experiment. Dissenyar un experiment per resoldre un problema	<i>Bàsiques</i>
	(P7. DE/R)	Connexió entre el disseny experimental i els resultats. Interpretació de resultats	<i>Avançades</i>
	(P8. C)	Elaboració de conclusions	<i>Integrades</i>
	(P6. RIR)	Representació i interpretació de resultats	<i>Avançades</i>
Superior [1,5-3]	(P1. PI)	Identificació del problema a investigar	<i>Integrades</i>
	(P2. H)	Formulació i identificació d'hipòtesis	<i>Avançades</i>
	(P3.V)	Identificació de variables i justificació en funció del problema a investigar	<i>Bàsiques</i>

Taula 42. Classificació dels resultats de les qualificacions mitjanes de les preguntes del pretest segons el nivell de coneixements previs dels alumnes. Les preguntes s'organitzen dins de cada rang de menys a més qualificació

Aquests resultats posen de manifest que els coneixements previs de l'alumnat s'estableixen en un rang de puntuació de 0,64 a 1,77 sobre el total de 3 punts i, per tant, tot just superen la meitat de la puntuació màxima. En efecte, en cinc dels vuit ítems la mitjana de resultats de les respostes dels alumnes al pretest és inferior a 1,5 punts sobre 3. I només en tres ítems és superior a 1,5, però sense superar l'1,77.

Les categories d'avaluació que s'han exposat a l'estudi 1 segons el nivell de construcció de les explicacions de Hakkarainen (2003), indiquen que la mitjana de les respostes dels alumnes es troba entre fets no organitzats o organitzats (categoria 1) i explicació parcial (categoria 2). Per tant, en cap dels ítems, la mitjana dels resultats arriba a una categoria d'explicació (categoria 3) i, per tant, la mitjana dels alumnes no arriben a desenvolupar les habilitats d'indagació de manera que construeixin explicacions completes, clares i genuïnes. Per tant, el punt de partida dels alumnes és de baix nivell de coneixements per a les habilitats d'indagació.

Els tres ítems que els alumnes coneixen i elaboren amb una qualificació superior a 1,5 corresponen a habilitats d'indagació que es desenvolupen als primers passos del cicle d'indagació per establir què es vol investigar i situar-se davant del repte o pregunta a indagar. Pedaste i col·laboradors (2015), al cicle d'indagació contemporani, situen aquestes habilitats en les etapes d'orientació i conceptualització de la indagació. Prenem de referència aquest cicle, que s'ha descrit al *Marc teòric*, perquè estableix les etapes d'indagació amb claredat i els autors l'han construït com a síntesi de més de 30 propostes.

c) Nivell de demanda cognitiva que impliquen les habilitats d'indagació

Des del punt de vista de la correspondència entre el nivell cognitiu que implica el desenvolupament de les habilitats d'indagació que s'avaluen en cada ítem, els ítems que superen la mitjana d'1,5 impliquen el desenvolupament d'habilitats integrades (ítem 1: identificar el problema a

investigar), avançades (ítem 2: formular i identificar hipòtesis) i bàsiques (ítem 3: identificar variables i justificar-les en funció del problema a investigar), de manera que hi ha representats tots els nivells de demanda cognitiva que proposa Wenning (2005).

D'altra banda, els cinc ítems que estan per sota d'1,5 també impliquen el desenvolupament d'habilitats d'indagació dels tres tipus.

Podríem esperar que la mitjana de les respostes dels alumnes als ítems que avaluen habilitats d'indagació bàsiques fos superior a 1,5, i inferior en les habilitats integrades i avançades, que requereixen una major demanda cognitiva. Tanmateix, els resultats contradiuen aquesta hipòtesi perquè la mitjana dels resultats no es consolida als 2 punts. Per tant, es pot concloure que els coneixements previs dels alumnes pel que fa a la totalitat de les habilitats d'indagació que s'avaluen a la prova són baixos. Diversos estudis corroboren aquest fet (per exemple: Emereole, 2009; Chabalengula & Mumba, 2010; Chabalengula, Mumba & Mbewe, 2012; Farsakoglu et al., 2008;). Concretament Mbewe, Chabalengula i Mumba (2010), així com nosaltres també hem identificat, van demostrar que el professorat en formació de nivells educatius com primària no eren capaços de construir definicions ni explicacions correctes d'habilitats d'indagació bàsiques i integrades, tot i que la majoria d'ells donaven explicacions parcialment correctes. Per tant, com també mostren els nostres resultats, malgrat que no coneixien o sàpiguen desenvolupar correctament les habilitats d'indagació, tenen uns certs coneixements que els permeten aproximar-se en major o menor grau a la resposta. A continuació, amb l'anàlisi dels resultats de pretest mostrarem si la participació al projecte "Bec o no?" ha contribuït que els mestres en formació millorin el seu nivell de coneixement i desenvolupament de les habilitats implicades en la indagació científica.

5.2.2. Millora o adquisició d'habilitats d'indagació: Postest

a) Comentari general dels resultats

S'avalua l'aprenentatge dels alumnes a partir de l'estudi de la millora o adquisició d'habilitats d'indagació comparant els resultats de pretest amb els de postest.

En primer lloc, a partir del gràfic de la Figura 65, s'evidencia que els resultats del postest superen els de pretest en tots els ítems i, per tant, en totes les habilitats d'indagació avaluades hi ha hagut una millora. Els resultats de postest s'estableixen en un rang de 0,94 a 2,72 sobre tres punts. L'ítem que s'ha assolit amb un valor de mitjana més alt és el P3.V- Identificació de variables i justificació en funció del problema a investigar. Els dos ítems amb valors de mitjana més baixos són, amb el mateix resultat, els ítems P4. VD/I que demana per la distinció entre variable dependent i independent i l'ítem P5. DE, on es demana identificar la funció de les mostres control.

En segon lloc, a continuació a la Figura 66 es representen els increments per cadascun dels ítems d'avaluació que s'estableixen en un rang de 0,3 a 0,98 punts d'increment. Considerem que l'increment entre ambdós proves d'avaluació ha estat influït per l'aprenentatge dels alumnes durant la intervenció.

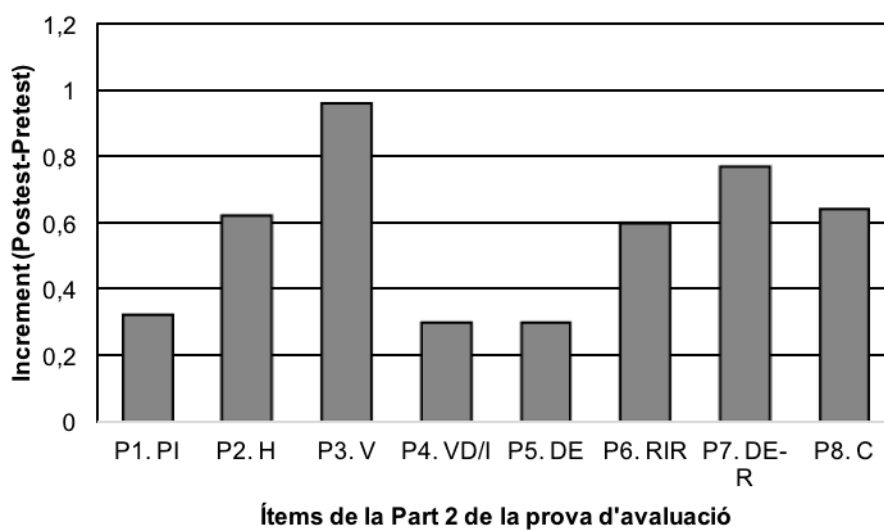


Figura 66. Increment de cadascun dels ítems avaluats a la Part 2 de la prova d'avaluació

A partir d'aquest histograma, es confirma que l'ítem P3.V amb major puntuació al postest és l'ítem que ha incrementat més entre pretest i postest. I que els ítems P4. VD/I i P5. DE que són els que tenen una menor puntuació al postest, també són els que menys han incrementat.

b) Punt de tall

A la Taula 43 es mostra l'ordre de menys a més qualificació absoluta del postest.

Qualificació posttest	Ítems d'avaluació	Nivell cognitiu de les habilitats d'indagació
- ↓ 1,5 → ↓ +	P4. VD/I) Distinció entre variable dependent i independent	Bàsiques
	P5. DE) Objectiu i funció de les mostres control per contrastar els resultats en un experiment. Dissenyar un experiment per resoldre un problema	Bàsiques
	P7. DE-R) Connexió entre el disseny experimental i els resultats. Interpretació de resultats.	Avançades
	P8. C) Elaboració de conclusions.	Integrades
	P6. RIR) Representació i interpretació de resultats.	Avançades
	P1. PI) Identificació del problema a investigar.	Integrades
	P2. H) Formulació i identificació d'hipòtesis.	Avançades
	P3. V) Identificació de variables i justificació en funció del problema a investigar.	Bàsiques

Taula 43. Ordre de major a menor qualificació dels ítems avaluats a posttest

Si ens basem en el criteri que hem fixat a l'apartat anterior per definir el punt de tall a 1,5/3 punts, establert en base a la meitat de la puntuació total, s'evidencia que tots els ítems es situen per sobre d'1,5 excepte el P4. VD/I i el P5. DE. Aquests dos ítems corresponen a la distinció entre variable dependent i independent i l'objectiu de les mostres control i el disseny d'experiments, respectivament. Malgrat que aquests dos ítems corresponen a habilitats d'indagació bàsiques, els alumnes no les assolixen. Pel que fa a l'ítem 4, la distinció entre variables dependents i independents no es va treballar explícitament durant el projecte. I en el cas de l'ítem 5, pensem que una qüestió de llenguatge podria haver confós els alumnes.

Tanmateix, en ambdós ítems hi ha hagut millora, tot i que és inferior a 0,5 punts. L'explicació que donem és que els alumnes al posttest van donar respostes que corresponen a fets no organitzats o organitzats segons les categories de Hakkarainen (2003) i a pretest moltes preguntes van quedar sense respondre, que és la categoria 0. D'altra banda, aquestes habilitats d'indagació no es van treballar explícitament durant el projecte i és natural que l'alumnat només pogués donar respostes intuïtives sense poder construir explicacions de qualitat.

En aquest sentit, en cas de tornar a utilitzar en futures investigacions la mateixa prova d'avaluació, proposem que aquestes dues preguntes es replantegin i que es centrin en demanar als alumnes que defineixin un bon disseny experimental per resoldre una pregunta de recerca concreta.

Pel que fa a l'increment entre ambdós proves d'avaluació, és als ítems P3. V, P7. DE/R, P8. C, P2. H i P6. RIR, ordenats de més a menys, on hi ha hagut una millora que supera la meitat de l'increment de l'ítem P3.V, que és el que ha tingut un major increment (increment mitjà del 30%). A posttest tots aquests ítems superen l'1,5 i a pretest eren tots, excepte el P2.H, que no arribaven a 1,5. Aquests resultats es mostren a continuació a la Taula 43.

Increment	Codi de l'ítem	Ítem	Nivell cognitiu de les habilitats d'indagació
+ ↓ 16% → ↓ -	(P5. DE)	Objectiu i funció de les mostres control per contrastar els resultats en un experiment. Dissenyar un experiment per resoldre un problema.	<i>Bàsiques</i>
	(P4. VD/I)	Distinció entre variable dependent i independent.	<i>Bàsiques</i>
	(P1. PI)	Identificació del problema a investigar.	<i>Integrades</i>
	(P6. RIR)	Representació i interpretació de resultats.	<i>Avançades</i>
	(P2. H)	Formulació i identificació d'hipòtesis.	<i>Avançades</i>
	(P8. C)	Elaboració de conclusions.	<i>Integrades</i>
	(P7. DE/R)	Connexió entre el disseny experimental i els resultats. Interpretació de resultats.	<i>Avançades</i>
	(P3.V)	Identificació de variables i justificació en funció del problema a investigar.	<i>Bàsiques</i>

Taula 44. Classificació de la millora (increment) entre les mitjanes dels ítems de pretest i postest. Les preguntes s'organitzen dins de cada interval de menys a més puntuació

En el cas dels ítems amb una millora moderada, ja s'ha discutit el cas dels ítems P4. VD/I i P5. DE. Ara bé, el cas de l'ítem 1 és diferent. Amb aquest ítem s'avalua si l'alumne té la capacitat d'identificar el problema a investigar. El punt de partida de l'alumnat avaluat al pretest es situa al voltant de l'1,6/3 i que s'ha caracteritzat com a superior al punt de tall. Tanmateix el seu increment ha estat inferior al 16% al postest. Per tant, hi ha hagut aprenentatge, però no com s'esperava. Al *Marc teòric* s'han descrit els nivells d'indagació que Eick i col·laboradors (2005) proposen per caracteritzar els tipus d'activitats d'indagació que es poden dissenyar en funció de la demanda cognitiva que impliquen per als alumnes, que es relaciona amb la seva autonomia durant el procés i el tipus de guiatge que fa el professor. El projecte "Bec o no?" és un disseny intermedi entre indagació guiada i oberta, posat que els alumnes no trien ni defineixen el repte de la investigació sinó que la pregunta de recerca està predefinida. En aquest sentit, relacionem aquesta millora moderada de les habilitats implicades en l'ítem 1 amb el detriment de l'autonomia de l'alumnat segons el disseny del projecte. Per tant, en el nostre cas d'estudi, podem afirmar que, com més graus de llibertat s'afavoreixen al procés d'indagació, major és la millora de l'alumnat en el desenvolupament d'habilitats d'indagació. Aquesta idea es confirma amb els estudis i les aportacions de Bhattacharaya i col·laboradors (2009) que identifiquen que si els alumnes són els protagonistes directes de l'aprenentatge i s'afavoreix que connectin l'habilitat d'indagació que desenvolupen per primera vegada amb els seus coneixements previs, l'aprenentatge s'esdevé amb èxit.

En síntesi, els ítems que més ha promocionat entre els alumnes aquest projecte són: 3- identificar variables segons el problema a investigar; 7- comprendre la relació entre els resultats i el disseny experimental i interpretar-los; 8- elaborar conclusions, i 6- representar i interpretar resultats.

Per avaluar l'ítem 6, s'ha formulat una pregunta sobre la interpretació d'un gràfic on es representa la concentració de nitrats en funció del temps i es compara amb els nivells de concentració màxims permesos a l'aigua potable (veure Annex 1- Prova d'avaluació del projecte "Bec o no?"). Les dades que es representen al gràfic inclòs a la pregunta es proporcionen també en format de taula a la presentació de la segona part de la prova d'avaluació. Per a aquesta pregunta, les categories d'avaluació 1 i 2 (veure Taula 27, pàgina 208) es corresponen a respostes que els alumnes no interpreten o interpreten parcialment al gràfic. A més, la pregunta 7 avalua com els alumnes interpreten la taula on es presenten els resultats de les anàlisis de l'aigua. Ambdós ítems han millorat notablement entre pretest i postest. Garcia-Mila, Marti, Gilabert i Castells (2014) relacionen que les dificultats en el

desenvolupament d'habilitats cognitives de pensament abstracte per interpretar taules es vinculen a les dificultats per representar i, per tant també interpretar, gràfics. És per això que considerem que la intervenció ha contribuït que els alumnes millorin la comprensió i interpretació de taules i gràfics, que és una habilitat crucial no només per a l'aprenentatge de les ciències i les matemàtiques sinó per comprendre dades estadístiques a la vida real (Garcia-Mila i col·laboradors, 2014).

Destaquem que l'ordre dels ítems organitzats per qualificació no ha canviat de pretest a postest. Això pot indicar que la participació al projecte "Bec o no?" ha contribuït a l'aprenentatge del desenvolupament de les habilitats científiques avaluades als vuit ítems a partir dels que els alumnes ja coneixien.

En darrer lloc, des del punt de vista de la correspondència entre les habilitats d'indagació i les etapes del cicle d'indagació contemporani (Pedaste et al., 2015), s'evidencia que l'alumnat ha millorat i après aquelles habilitats d'indagació que els permeten desenvolupar un cicle d'indagació complet. A la Figura 67 es fa una representació visual de la correspondència de la qualificació dels ítems del pretest i del postest amb una mitjana superior a 1,5 punts en les etapes del cicle d'indagació contemporani de Pedaste i col·laboradors (2015). Així, es manifesta que amb les habilitats d'indagació que els alumnes han interioritzat durant el projecte "Bec o no?" són capaços de desenvolupar tot el cicle d'indagació. Aquests resultats contrasten amb els de pretest, on s'ha observat que els alumnes només coneixien les habilitats d'indagació implicades a la primera part del cicle d'indagació.

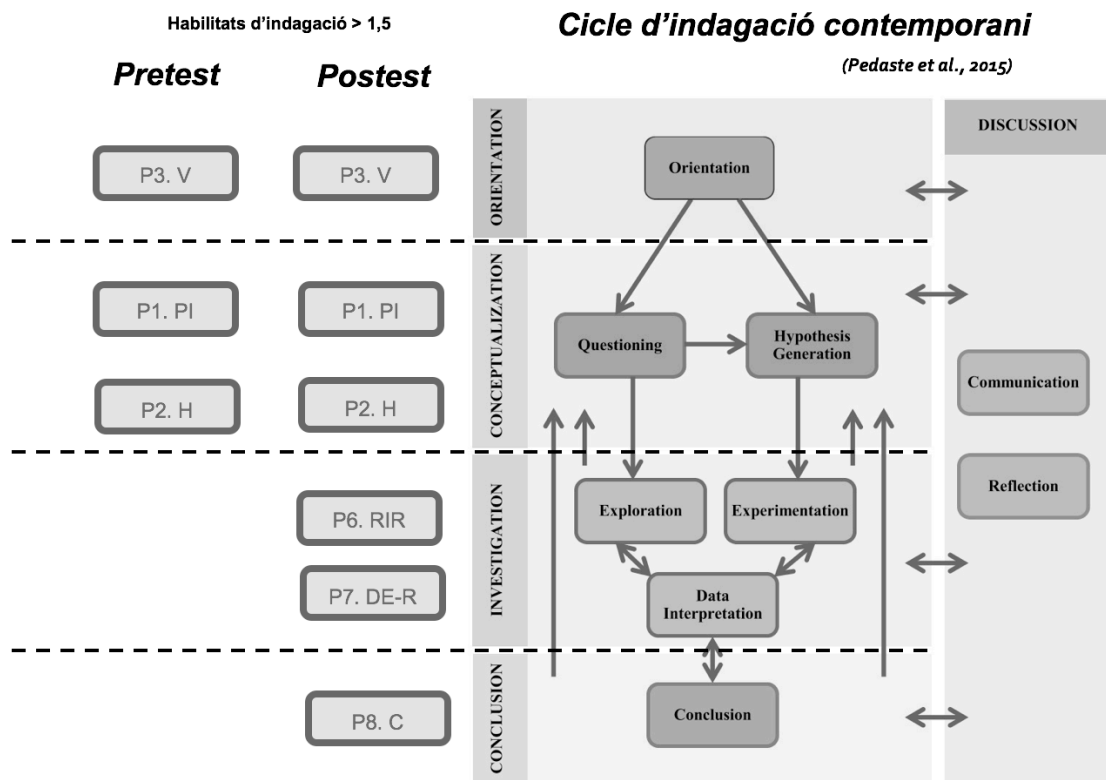


Figura 67. Correspondència entre la qualificació dels ítems del postest, que impliquen el desenvolupament d'habilitats d'indagació, amb les etapes del cicle d'indagació contemporani de Pedaste i col·laboradors (2015)

c) **Nivell de demanda cognitiva de les habilitats d'indagació**

Els sis ítems que han quedat per damunt d'1,5 impliquen el desenvolupament d'habilitats d'indagació que cobreixen els tres tipus que descriu Wenning (2005), bàsiques, integrades i avançades. Els dos ítems que ja hem comentat P4. VD/I i P5. DE, impliquen el desenvolupament d'habilitats d'indagació amb nivell cognitiu més baix, el bàsic. Per tant, la mitjana de l'alumnat participant al projecte "Bec o no?" ha assolit una millora satisfactòria per al desenvolupament d'habilitats que impliquen una demanda cognitiva baixa, mitjana i alta.

5.2.3. Síntesi de l'adquisició o millora d'habilitats d'indagació

De la discussió sobre l'adquisició o millora d'habilitats d'indagació, extraïem les següents concrecions:

- L'alumnat parteix d'un baix nivell de coneixement de les habilitats científiques implicades en la indagació. Aquests resultats també han estat confirmats per investigacions anteriors (per exemple: Chabalengula et al., 2010; Chabalengula et al., 2012; Emereole, 2009; Farsakoglu et al., 2008). Les habilitats que coneixen són les implicades al desenvolupament de les primeres fases del cicle d'indagació contemporani (Pedaste et al., 2015), l'orientació i la conceptualització.
- Tant al pretest com al postest, els resultats mostren que els alumnes saben desenvolupar habilitats d'indagació de demanda cognitiva baixa, mitjana i superior, que són les que Wenning (2005) ha identificat com bàsiques, integrades i avançades. Chabalengula i col·laboradors (2012) també s'aproximen a uns resultats similars.
- El projecte i el model pedagògic han promogut que els alumnes millorin en totes les habilitats d'indagació avaluades a partir dels ítems de la prova d'avaluació. En sis dels nou ítems, els alumnes milloren en més d'un 16%. Aquest aprenentatge cobreix totes les etapes del cicle d'indagació contemporani (Pedaste et al., 2015) i, per tant, els alumnes demostren tenir habilitats suficients per desenvolupar el cicle d'indagació complet.
- La intervenció ha promociat que els alumnes assoleixin i millorin habilitats d'indagació de diferent demanda cognitiva i sense diferències per aquesta variable.
- Aquelles habilitats d'indagació que els alumnes no han desenvolupat amb autonomia durant el projecte, no han estat interioritzades per aquests amb èxit (Bhattacharaya et al., 2009). El nivell d'indagació segons la classificació d'Eick i col·laboradors (2005), que promou un aprenentatge actiu de la majoria de les habilitats d'indagació, és el de indagació oberta.

Cain (2002) adverteix que és indispensable que els futurs docents de ciències comprenguin i puguin desenvolupar les habilitats d'indagació per ensenyar als escolars continguts sobre ciències i indagar en ciències. En aquesta línia, Settlage i Southerland (2007) proposen que és apropiat que els programes de formació del professorat promoguin l'aprenentatge de les habilitats d'indagació. També defensen que cal que els futurs docents tinguin un coneixement consolidat d'aquestes habilitats per tal de ser capaços d'ensenyar als seus futurs alumnes a indagar en ciències amb efectivitat. Nosaltres ens afegim a les demandes i opinions d'aquests autors i considerem que el projecte "Bec o no?" promou, des de la formació inicial del professorat, que els futurs docents desenvolupin habilitats d'indagació que els permetran, d'una banda, canviar l'actitud de temor cap a l'ensenyament de la ciència i, d'altra banda, educar amb efectivitat des de la indagació.

6. Conclusions

En aquest segon estudi hem analitzat el punt de partida de l'alumnat i els aprenentatges que han assolit pel que fa a les variables de coneixement sobre continguts i habilitats d'indagació després de participar al projecte "Bec o no?".

Conclusions generals

- El punt de partida dels participants en aquest estudi és, en tots ells, de baix nivell de coneixement tant de fets i conceptes científics com d'habilitats d'indagació.
- Hem mostrat que després de la intervenció els alumnes han millorat tant en el coneixement sobre fets i conceptes científics com en les habilitats d'indagació. Aquestes millores les atribuïm a l'aprenentatge promogut per les característiques educatives del model pedagògic desenvolupat en el projecte "Bec o no?". Aquestes característiques pedagògiques han permès els alumnes expandir, elaborar i aprofundir en el seu aprenentatge. Això pot haver estat causat per la naturalesa iterativa del projecte que ha ofert un temps i un espai dialògics (Wegerif, 2005) que han promogut el desenvolupament d'estratègies de pensament de grup i d'aprendre a aprendre junts.
- **Metafora** ha mediat l'aprenentatge a partir de l'eina de planificació i del llenguatge visual, que han facilitat la construcció dels continguts científics i l'aprenentatge de les habilitats d'indagació. Que les idees es puguin disposar en un mateix lloc, estiguin organitzades en forma de mapa visual i estiguin disponibles per a tots els alumnes, possibilita que esdevinguin el focus d'atenció i que els alumnes es puguin fer una idea a simple vista de tot el que s'està fent. Aquestes eines esdevenen eines i estratègies específiques de suport a la construcció d'enllaços entre els continguts científics per part dels alumnes (Scott et al., 2011). En aquest sentit, les posades en comú en gran grup també han promogut la continuïtat en el temps que al seu torn afavoreix la construcció d'enllaços. Per tant destaquem, així com també apunten Jong i col·laboradors (2014), que el paper de la tecnologia com a eina medidora, ha promogut amb èxit aquests aprenentatges.
- L'enfocament **dialògic** de l'aprenentatge ha facilitat l'aprenentatge integrat, en profunditat, organitzat i significatiu dels continguts científics i els individus han interioritzat els aprenentatges des del pla intermental (Mercer, 2013). En aquest sentit, Scott i col·laboradors (2011) afirmen que el diàleg entre alumnes i alumnes i professor és una manera molt poderosa de mantenir i generar la motivació de l'alumnat. Les seves aportacions individuals esdevenen part integrant del discurs i això fa que s'impliquin de manera significativa en els continguts.
- **El projecte "Bec o no?"** ha demostrat que la ciutat i el seu medi natural, que en el nostre cas ha estat el riu Segre, poden ser el centre de l'aprenentatge. El nostre estudi demostra que els alumnes poden desenvolupar exploracions, interpretacions, construir teories científiques i desenvolupar habilitats d'indagació d'ordre cognitiu superior al voltant d'un problema local i real (Liljeström et al., 2013). La definició de reptes que faci que els alumnes es plantegin la integració de ciència i societat, fan que s'impliquin i actuïn críticament i amb responsabilitat fonamentant-ho en el coneixement científic que han après.

A continuació es presenten les conclusions que s'han extret a partir d'aquest estudi vinculades a cadascuna de les preguntes de recerca.

1. Quins coneixements sobre continguts científics han construït els alumnes amb el projecte i quines relacions han establert entre aquests? (generació de significat científic i construcció d'enllaços)

- El 90% dels alumnes progressen notablement a la pregunta on s'avaluen els coneixements sobre continguts científics: defineixen amb profunditat els conceptes; organitzen i empaqueten les idees en conjunts relacionats; inclouen la dimensió social, i canvien conceptes que inicialment comprenien erròniament. Els alumnes han evolucionat d'un coneixement basat en fets i detalls que no expliquen ni connecten, a un coneixement inferit de les explicacions basades en principis i teories de la ciència que reflecteixen una manera de procedir i construir el coneixement científic com els científics autèntics (Liljeström et al, 2013).
- El concepte clau que més incorporen els alumnes al posttest són els paràmetres de potabilitat ja que són el criteri per donar resposta al primer repte científic plantejat al projecte "Bec o no?". Els alumnes han incorporat als seus mapes conceptuals estratègies de representació gràfica d'idees gràcies als recursos que han après de la plataforma Metafora. També incorporen la dimensió social i, per tant, adquireixen un pensament crític fonamentat per responsabilitzar-se de la gestió de l'aigua.
- Hem observat que els alumnes que menys conceptes clau aprenen elaboren mapes conceptuals senzills i amb poca integració de les idees.
- Alguns alumnes que incorporen pocs continguts clau al mapa conceptual de posttest, utilitzen les etapes del procés d'indagació amb què han construït el coneixement científic durant el projecte com a bastides i seqüència per construir el seu mapa conceptual i ordenar les idees. Els resultats dels estudis de Chabalengula i col·laboradors (2012), Shaveson (2005) i Hulshof i de Jong (2006) confirmen aquesta conclusió. Considerem que aquest fet esdevé una clara evidència de la vàlua del procés d'ensenyament-aprenentatge que promou el projecte "Bec o no?". En aquest sentit, com també han proposat Gobert i col·laboradors (2010), suggerim que les habilitats d'indagació estan al servei de l'aprenentatge dels continguts.

En definitiva, des del punt de vista de la formació del professorat, malgrat la manca de coneixement sobre continguts científics, els alumnes han après la manera com construir-los.

II. Quines habilitats científiques d'indagació han desenvolupat?

- S'ha evidenciat que l'increment de coneixements sobre els ítems que avalua la prova, i que atribuïm a l'aprenentatge, depèn d'aquells aspectes que focalitza el model pedagògic desenvolupat al projecte "Bec o no?".
- Els alumnes no assolixen aquelles habilitats d'indagació que al projecte "Bec o no?" no han treballat de forma explícita i que, per tant, no han hagut de desenvolupar ells amb autonomia durant el projecte. Per tant, demostrem que un aprenentatge actiu promou la interiorització dels coneixements per part dels alumnes. Per tant, que la indagació que es planteja al projecte "Bec o no?" es defineixi en un punt intermedi entre oberta i guiada, ha facilitat que la majoria de les habilitats d'indagació poguessin ser desenvolupades per part dels alumnes i assolides amb autonomia però des del guiatge i el suport tant de la professora, com dels companys, com de les eines mediadores de suport a l'aprenentatge que incorpora la plataforma Metafora.
- Hem constatat que el punt de partida de l'alumnat és de coneixement d'algunes habilitats d'indagació pròpies de les primeres etapes del cicle d'indagació, l'orientació i la conceptualització (Pedaste et al., 2015).
- Les habilitats d'indagació que més ha promocionat entre els alumnes aquest projecte, cobreixen totes les etapes del cicle d'indagació contemporani (Pedaste et al., 2015) i, per tant, els alumnes aprenen a desenvolupar un cicle d'indagació complet. Per a l'etapa d'orientació, l'ítem 3-Identificar variables i analitzar investigacions. Per a l'etapa de conceptualització, els ítems: 2-Formular hipòtesis, construir un model, analitzar investigacions i sintetitzar explicacions hipotètiques complexes i 1- Identificació del problema a investigar. Per a l'etapa d'investigació, els ítems: 7-

Analitzar investigacions, generar principis durant el procés d'inducció i analitzar i avaluar arguments científics, construir proves lògiques i 6-Generar principis durant el procés d'inducció i Analitzar i avaluar arguments científics, construir proves lògiques. Per últim, per a les conclusions, l'ítem 8-Establir lleis empíriques basades en l'evidència i la lògica.

- Tant al pretest com al postest els alumnes mostren conèixer habilitats d'indagació de variada demanda cognitiva i que, segons la classificació de Wenning (2005), són del tipus bàsiques, integrades i avançades.

E3. ESTUDI DE L'IMPACTE DEL PENSAMENT DE GRUP EN L'APRENTATGE

1. Introducció

Aquest és el darrer estudi que incloem a la present tesi doctoral. Als dos estudis anteriors hem demostrat que, a partir de l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació i amb el suport de Metafora en el desenvolupament del projecte "Bec o no?", els docents en formació aprenen coneixements científics.

En aquest tercer estudi pretenem estudiar la hipòtesi defensada per Vygotsky (1978) que el pensament individual és fruit de la interiorització de la interacció social. És per això que explorarem el valor que el treball de grup ha afegit a la construcció de l'aprenentatge i si els alumnes individualment s'han apropiat dels aprenentatges construïts en grup. Compararem el punt de partida individual, l'aprenentatge grupal i la integració individual d'aquest coneixement per definir l'evolució dels alumnes i, en definitiva, l'impacte que ha tingut per als docents en formació l'aprenentatge a partir del model d'ensenyament-aprenentatge dialògic de les ciències per indagació que proposem. En darrer lloc, tot i que no és l'objectiu d'aquesta tesi, introduïrem una anàlisi exploratòria i qualitativa del diàleg i el comportament amb què en futures investigacions proposem que es podria caracteritzar la interacció per conèixer-ne la seva qualitat dialògica i relacionar-ho amb les variables de l'aprendre a aprendre junts.

2. Preguntes de recerca

Les preguntes que pretenem investigar en aquest tercer estudi són:

- I. *Quin és l'impacte de la participació en grup en un projecte fonamentat en l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació i mediat per la tecnologia en l'aprenentatge individual dels futurs docents?*
- II. *Quina incidència té el treball en grup en el resultat d'avaluació del Projecte?*

3. Objectius

Per donar resposta a la pregunta de recerca, acomplirem els següents objectius:

- Avaluar l'impacte del treball en grup sobre l'aprenentatge individual
- Avaluar el valor que afegeix el pensament de grup a la qualitat del resultat del Projecte

4. Metodologia

4.1. Participants

En aquest estudi hi participen 43 alumnes, organitzats en un total d'onze grups de treball i amb qui han desenvolupat el Projecte "Bec o no?". Són alumnes de tercer curs de l'any acadèmic 2012-2013 del Grau d'Educació Primària i de l'assignatura d'Aprenentatge de les Ciències Experimentals II de la Universitat de Lleida.

Respecte els estudis 1 i 2 d'aquesta tesi doctoral, s'ha descartat un grup de quatre alumnes ja que les dades de les seves produccions a Metafora han estat malmeses.

4.2. Materials

Els materials que s'analitzaran i es compararan en aquest estudi són, d'una banda, els resultats d'aprenentatge individuals mesurats a partir de la prova d'avaluació i, de l'altra, els resultats grupals d'aprenentatge del projecte "Bec o no?" que s'estudiaran a partir del mapa Metafora final de cada grup. Per estudiar l'aprenentatge grupal, a més del mapa Metafora grupal, complementàriament s'utilitzaran les gravacions de vídeo i àudio de captura de pantalla del procés de treball, la gravació en càmera de vídeo del seguiment del procés de treball en grup (escena) i finalment el vídeo de la presentació final dels mapes Metafora. També s'utilitzarà la tasca de reflexió de grup per exemplificar algunes de les evidències observades a les dades. A continuació es sintetitza aquesta descripció a la Taula 45. La descripció de totes aquestes evidències es troba a la PART 3- Disseny de la Recerca.

Materials E3	
Individuals	Prova d'avaluació de coneixements individuals:
	- Pretest
	- Postest
Grupals	Mapa Metafora grupal
	Gravacions de vídeo i àudio de captura de pantalla del procés de treball
	Seguiment per gravació en càmera de vídeo del treball en grup
	Vídeo de la presentació final dels mapes Metafora
	Tasca de reflexió grupal

Taula 45. Materials utilitzats a l'Estudi 3 classificats segons si les evidències són individuals o grupals

4.3. Disseny i procediment d'anàlisi de dades

Per respondre la pregunta de recerca que vertebrava aquest estudi, cal comparar els resultats individuals totals d'avaluació del Pretest i del Postest amb els resultats d'avaluació del mapa Metafora del Projecte del grup a què correspon cada individu. Aquestes tres evidències esdevenen tres moments o nivells d'avaluació.

El mapa Metafora de cada grup serà avaluat amb els mateixos ítems i criteris que s'han exposat a l'Estudi 1 per a qualificació dels resultats individuals del Pretest i del Postest. Posat que els ítems d'avaluació que hem definit a la *Part 3- Disseny de la Recerca* són els mateixos per als tres moments (Pretest, Postest i mapa Metafora), es podran comparar les tres evidències entre elles.

Reiterades vegades en la recerca sobre l'aprenentatge de grup i la resolució col·laborativa de problemes, s'ha considerat controvertida l'anàlisi dels resultats de la prova d'avaluació individual (per exemple: Cress, 2008; De Wever, Vankeer, Schellens i Valcke, 2007). Justifiquem que, en base a experiències que han realitzat altres autors (per exemple: Raes et al., 2014), l'ús de l'enfocament d'anàlisi és jeràrquic, lineal, multinivell, ja que els alumnes han treballat conjuntament en petits grups i s'analitzen: el Pretest individual (Nivell 1); els resultats grupals del Projecte (Nivell 2), i per últim els resultats individuals de Postest (Nivell 3). La nostra hipòtesi és que els resultats grupals del Nivell 2 depenen del Nivell 1 i els del Nivell 3 al seu torn depenen dels resultats dels nivells 1 i 2.

A continuació s'especifica a la Taula 46 i es representa a la Figura 68 la relació entre la pregunta de recerca que ens ocupa en aquest estudi, l'objectiu de l'estudi i les dades que analitzarem per donar resposta a la nostra pregunta:

Pregunta de recerca de cada estudi	<i>Quin és l'impacte de la participació en grup en un projecte fonamentat en l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació i mediat per la tecnologia en l'aprenentatge individual dels futurs docents? Quina incidència té el treball en grup en el resultat d'avaluació del Projecte?</i>
Participants	43 alumnes organitzats en 11 grups de tercer curs del Grau d'Educació Primària
Aproximació metodològica	Multimètode: quantitatiu i qualitatiu
Tècniques de reportatge	Prova d'avaluació (Pretest i Postest) Mapa conceptual Metafora final Gravacions de pantalla i d'escena durant la intervenció Projectes grupals de reflexió
Instruments d'anàlisi	Estadística descriptiva Test de contrast d'hipòtesis Mesura del pensament de grup (Wegerif et al., 2016)

Taula 46. Organització de l'Estudi 3

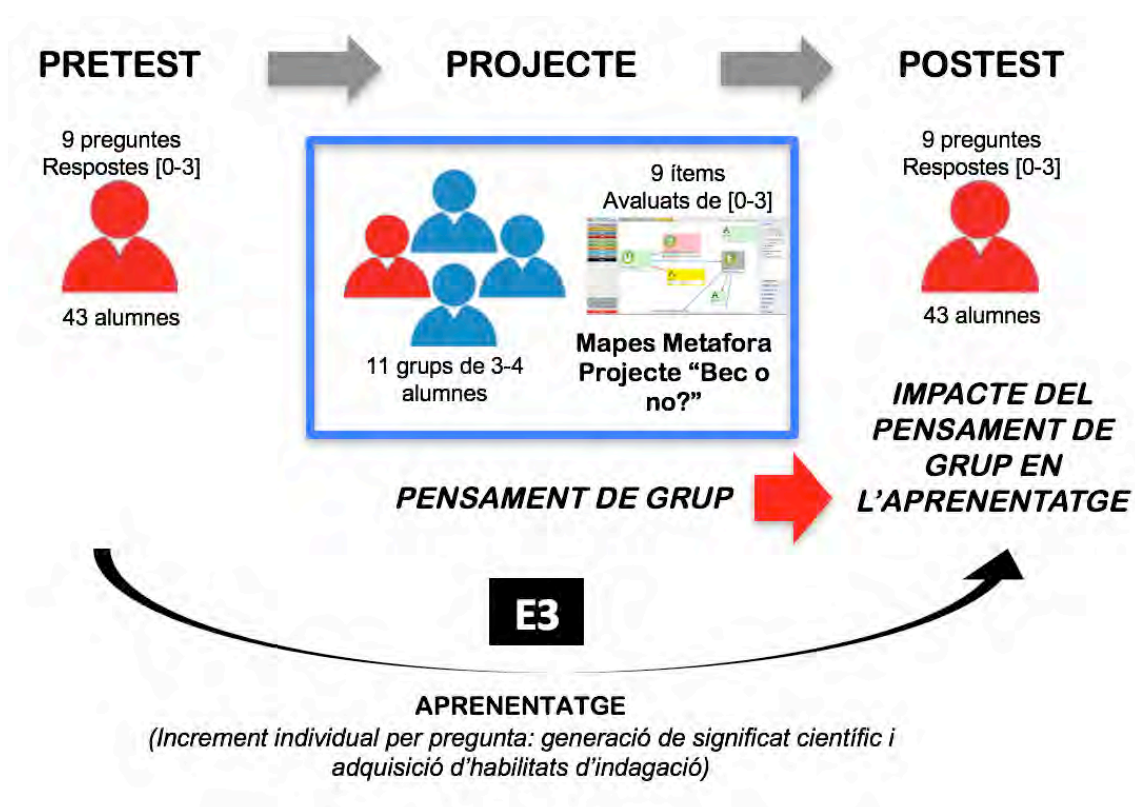


Figura 68. Representació dels elements que conformen l'Estudi 4 i la relació entre ells

5. Resultats i discussió

La presentació dels resultats i discussió s'organitza des de dos punts de vista. En primer lloc s'abordarà l'anàlisi dels resultats generals dels tres moments. Es desenvoluparà una anàlisi descriptiva i a continuació, d'una banda, es farà una anàlisi inferencial dels resultats per a tots els grups i, d'altra banda, grup a grup. En segon lloc, s'analitzaran els resultats per ítems.

5.1. Resultats generals

Discutirem els resultats de Pretest (Nivel 1), Projecte (Nivell 2) i Postest (Nivell 3) a partir de dos tipus d'anàlisi, la descriptiva, on a partir de la representació visual dels resultats aprofundirem en l'estudi descriptiu dels mateixos i la inferencial, on aplicarem proves per avaluar els resultats estadísticament des de dos punts de vista, general i grup a grup.

5.1.1. Anàlisi descriptiva

S'inicia l'anàlisi dels resultats generals dels tres nivells avaluats comparant les mitjanes individuals dels tests amb la mitjana grupal del Projecte.

Es representen aquestes dades a la Figura 69, que guiarà tot aquest primer anàlisi. En aquest gràfic es mostra la mitjana de l'avaluació de cada alumne per a Pretest (representada amb creus) i Postest (cercles) i es compara amb la mitjana del grup al Projecte (línia contínua negra). Posat que el grup a què pertanyen els alumnes és una variable qualitativa, amb l'objectiu d'afavorir la visualització s'ordenen les dades al gràfic de major a menor puntuació al Projecte. S'ha fet el mateix respecte els alumnes de cada grup i en funció de la qualificació a Postest. També es representen a partir de línies contínues de diferents, les mitjanes de tot el grup classe ($n=43$) a Pretest (1,24), Postest (1,92) i Projecte (2,70). Per últim, es representa l'increment entre Pretest i Postest individual amb una línia discontinua negra i la mitjana d'increment dels 43 alumnes (0,68) amb una línia discontinua grisa.

L'observació i interpretació de dades del gràfic s'organitzarà en els següents apartats:

- i.* Diferències generals entre Pretest, Projecte i Postest
- ii.* Diferències entre grups entre Pretest, Projecte i Postest
- iii.* Rendiment dels grups
- iv.* Heterogeneïtat del grup

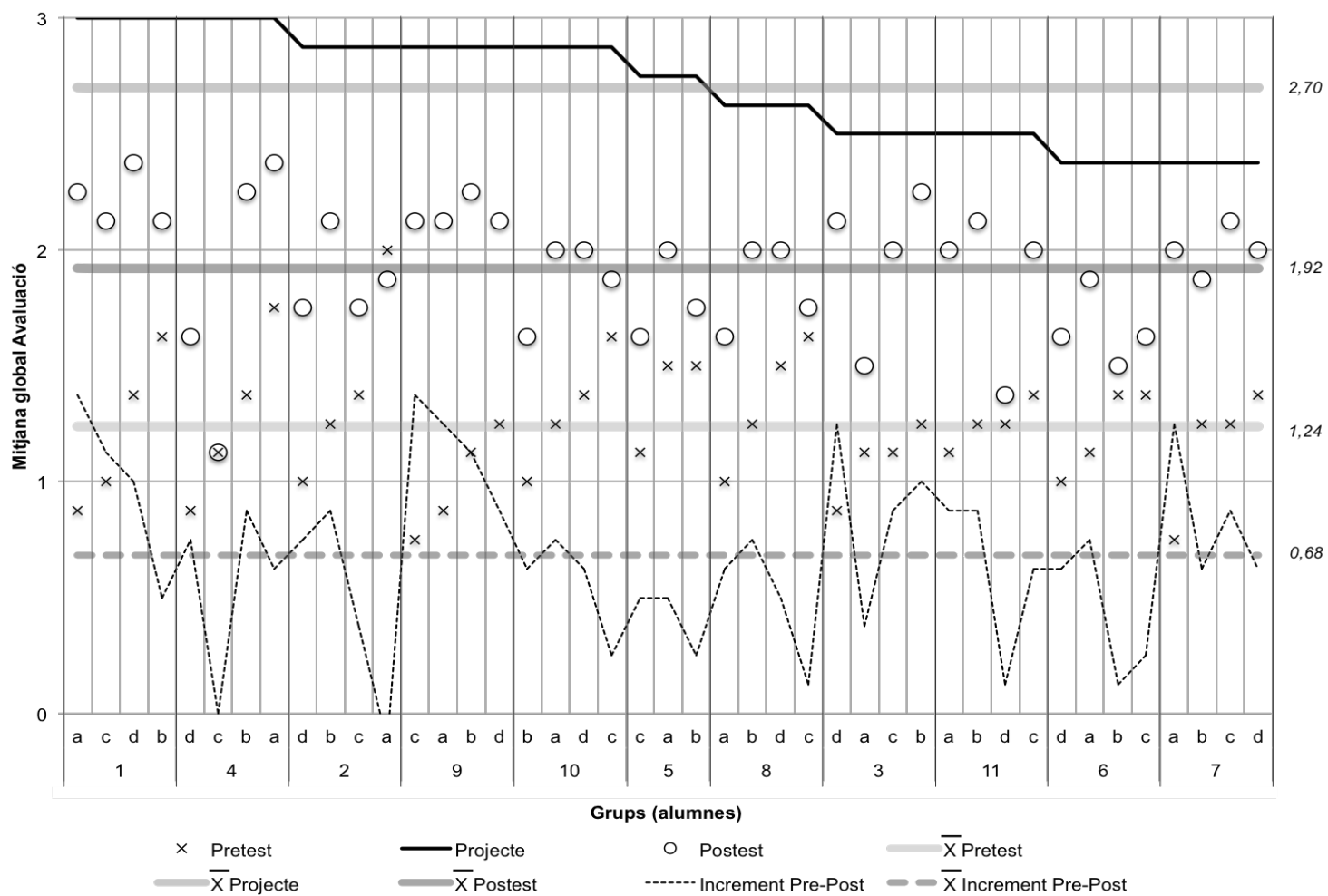


Figura 69. Comparació de l'avaluació global dels nou ítems del Projecte (grup) amb l'avaluació individual de les nou preguntes del Pretest i Posttest

i. Diferències generals entre Pretest, Projecte i Postest

Segons es pot observar al gràfic de la Figura 69, en tots els casos la qualificació grupal del Projecte és superior a la qualificació individual de Postest. Com ja s'ha explicat anteriorment, l'avaluació que s'ha plantejat pretén avaluar la capacitat dels alumnes d'aplicar les habilitats d'indagació que han après o millorat durant el Projecte en un altre context (per exemple: Govert et al., 2010; Mislevy et al., 2002 i 2003). Per tant, no s'espera que els alumnes superin amb el Postest els resultats grupals del Projecte.

Tots els individus milloren el rendiment individual. 42 de 43 alumnes incrementen els resultats de Postest en una mitjana de 0,7/3 punts respecte el Pretest. L'alumne *a* del grup 2 (*2a*) ha estat l'únic que ha obtingut un resultat inferior a Postest respecte Pretest, tot i que està per sobre de la mitjana de Postest dels 43 alumnes.

Continuarem amb la discussió dels resultats prenent de referència els grups 9 i 1 ja que són els grups que han obtingut millors resultats al projecte i els resultats individuals de Postest de tots els membres són superiors als de la mitjana dels 43 individus de la mostra.

ii. Diferències per grups entre Pretest, Projecte i Postest

En dos grups tots els seus membres han obtingut resultats a Postest superiors a la mitjana dels 43 alumnes. Aquests han estat els grups 1 i 9 i les mitjanes dels seus increments entre Pretest i Postest són 1 i 1,16 respectivament i representen els increments més grans entre dels 11 grups. Aquests grups també han obtingut qualificacions al Projecte superiors a la mitjana dels 11 grups. Per tant, interpretem que el bon funcionament del grup ha afavorit que tots els individus hagin desenvolupat estratègies d'apropiació i interiorització dels aprenentatges coconstruïts en grup durant el Projecte i els han transferit de la dimensió intermental a la intramental (Mercer, 2013). També destaca que els dos individus amb major increment entre Pretest i Postest, es troben en aquests dos grups. Aquestes són l'alumna *c9* i l'alumna *a1*, que han incrementat ambdues en 1,38/3 punts. També ressaltem que ambdós alumnes han estat les que obtenen la qualificació més baixa a Pretest dels respectius grups. Tanmateix, si comparem les qualificacions de Postest de tot el grup 1, l'alumna *a* obté la segona millor puntuació. Aquests resultats poden ajudar a comprendre com l'aprenentatge col·laboratiu pot fer que alumnes amb dificultats o ritmes d'aprenentatge més lents poden sentir-se més còmodes en petit grup per exterioritzar i compartir els seus dubtes. En aquesta línia, Park et al. (2008) reconeixen als seus estudis que, quan els alumnes treballen col·laborativament, els alumnes amb dificultats es mostren i s'obren a les discussions de grup. En la metodologia tradicional són només els alumnes que tenen facilitat per les ciències els que es senten amb la confiança de participar en discussions davant de tot el grup classe.

En el cas del grup 9, tres alumnes han obtingut un resultat de 2,13 a Postest, entre els quals hi ha l'alumna *gc*, i només un alumne ha obtingut 2,25 punts, que suposa la nota més alta de tot el grup. Aquests resultats suggereixen que per aquests dos grups, els alumnes amb un punt de partida més baix no són els que treuen un rendiment més baix del treball col·laboratiu durant el Projecte. Tampoc s'observa el cas contrari respecte els alumnes d'aquests dos grups que tenen la major qualificació a Postest. En el cas del grup 1, l'alumna *b* és la que fa un millor Pretest i obté la tercera qualificació al Postest. En el cas del grup 9, l'alumne *d* obté la segona millor qualificació. Per tant, per aquests dos grups, els alumnes amb un punt de partida més alt obtenen rendiments positius. A partir d'aquestes observacions es pot comprovar que el treball col·laboratiu ha estat positiu per a tots els membres del grup sense perjudici de cap d'ells segons el punt de partida al Pretest i, per tant, es constata allò que autors com Augustinova (2008) i Slavin (2009) defensen, que participar en activitats d'argumentació en grup col·laboratiu millora les habilitats de raonament individuals.

iii. Rendiment dels grups

Per obtenir una mesura que permeti comparar entre grups el rendiment dels membres de cada grup, proposem fer el sumatori d'incrementos entre Pretest i Posttest dels membres de cada grup. A continuació, es representa a la Figura 70 el sumatori dels increments dels membres de cada grup.

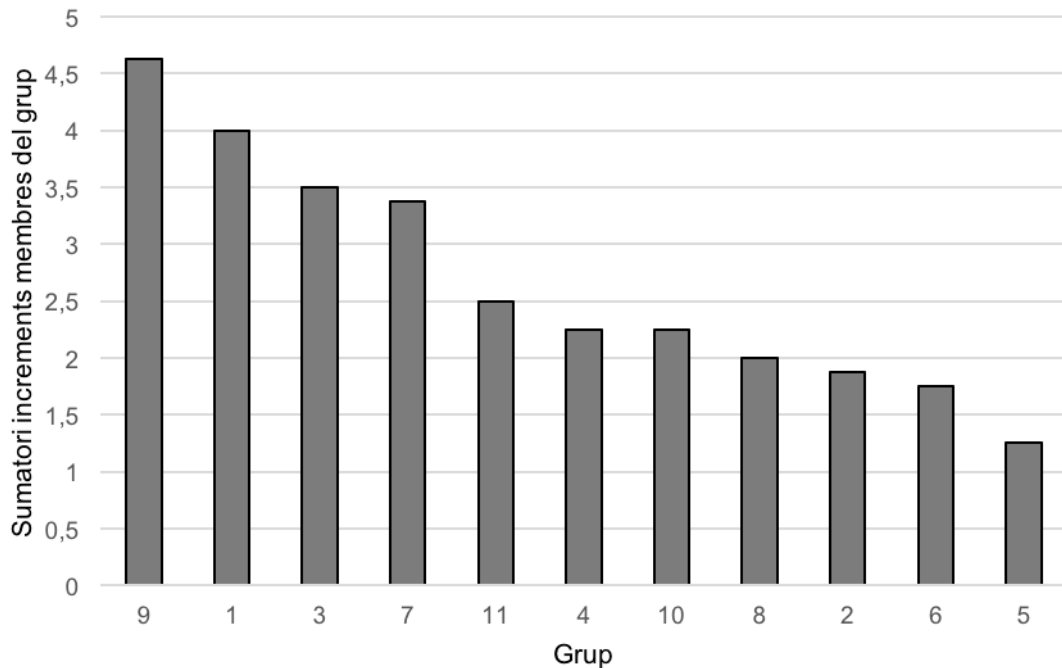


Figura 70. Histograma del sumatori dels increments entre Pretest i Posttest dels membres de cada grup

El grup 9 ha estat el grup on és major el rendiment. Entre tots els membres han sumat 4,63 punts d'increment. El segueix el grup 1 amb un sumatori d'incrementos de 4,00 punts. A partir de l'observació dels resultats d'aquests dos grups, podem determinar que el punt de partida del grup 9 és inferior al del grup 1. Tanmateix, els membres del grup 9 assolixen uns millors resultats al Posttest. A més, cal valorar que al Projecte el grup 9 ha obtingut uns resultats lleugerament per sota dels que han obtingut el grup 1, però per sobre la mitjana. Interpretem que el rendiment que han obtingut els membres del grup 9 del Projecte ha estat major que el dels membres del grup 1.

D'altra banda, el grup que ha obtingut un menor increment ha estat el grup 5 amb 1,25/3 punts, seguit del grup 6 amb 1,75/3 punts. Tot i que el grup 5 està constituït per 3 alumnes, la mitjana dels seus increments que és una mesura que compensa el nombre d'individus d'un grup, esdevé la més baixa entre tots els grups i es situa en 0,42. El grup 6 és el grup que segueix al grup 5 amb una mitjana d'increment per individu de 0,44 punts.

Tots els alumnes, excepte un, al Pretest construeixen respostes a nivell de fets. En canvi, a Posttest el 58% dels individus construeixen respostes entre els nivells d'explicacions parcials i el d'explicacions. El 42% restant al Posttest construeixen respostes que s'estableixen entre explicacions parcials i fets (Hakkarainen et al., 2003). Considerem que els valors amb què han incrementat els grups són uns bons resultats.

iv. Heterogeneïtat del grup

Per conèixer el grau d'heterogeneïtat o dispersió segons coneixements previs dels membres d'un grup, es calcula la desviació típica de les qualificacions de Pretest de tots els individus d'un grup. I per conèixer el grau d'heterogeneïtat segons la interiorització individual dels aprenentatges, es calcula el valor de la desviació típica de les qualificacions dels membres de cada grup a Postest. A fi i efecte de poder comparar l'heterogeneïtat entre grups i entre els diferents moments (coneixements previs i aprenentatges) d'un mateix grup, a la Figura 71 es representen els valors d'heterogeneïtat a Pretest i a Postest per a tots els grups.

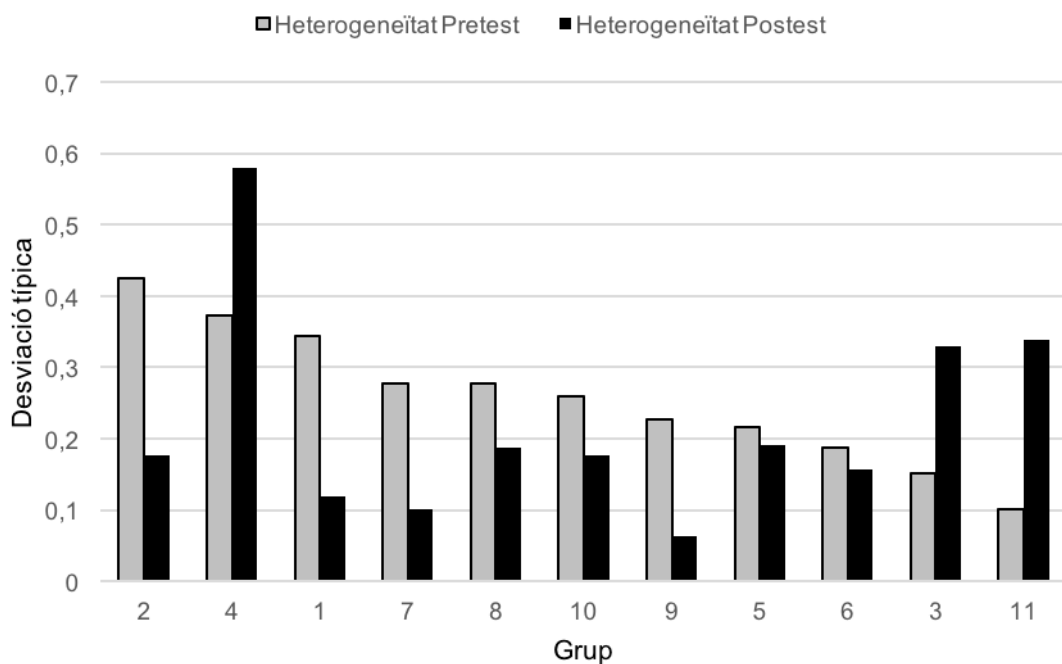


Figura 71. Histograma dels valors d'heterogeneïtat de grup a Pretest. L'heterogeneïtat es calcula a partir de la desviació entre les qualificacions de Pretest dels membres del grup

En general s'observa que l'heterogeneïtat es redueix en la majoria dels grups entre Pretest i Postest, excepte als grups 4, 11 i 3. Al Postest, la majoria dels resultats dels alumnes dels grups es distribueixen al voltant de la mitjana dels 43 alumnes, reduint-se així la dispersió del Pretest.

El grup 1 és més heterogeni que el grup 9 al Pretest. La desviació del grup 1 al Pretest és la tercera més gran entre els 11 grups i és de 0,34. L'evolució d'aquesta heterogeneïtat al Postest, tant al grup 1 com al grup 9, es redueix fins a ser de les més baixes, essent la del grup 9 la més baixa dels 11 grups. La reducció de l'heterogeneïtat al Postest es pot interpretar com que s'ha generat una cultura de grup en la qual els membres del grup s'han esforçat per coconstruir l'aprenentatge durant el Projecte, per mitjà d'un diàleg igualitari i efectiu, i els individus han après a aprendre junts, de manera que han interioritzat el coneixement i s'han esvaït les diferències entre els membres del grup.

En el cas dels grups 3, 11 i 7, tres dels quatre membres obtenen resultats al Postest per sobre la mitjana. Tanmateix al Projecte obtenen resultats baixos: els grups 3 i 11 obtenen 2,5/3 punts al Projecte, i el grup 7 és el grup que obté els resultats més baixos del Projecte, 2,3/3. A partir dels resultats

dels grups 3 i 7, i de manera similar en el cas del grup 11, interpretem que un rendiment grupal al Projecte de 2,3 punts, tot i ser baix respecte els resultats dels onze grups, possibilita a la majoria dels membres del grup obtenir uns resultats a Posttest superiors a la mitjana dels 43 alumnes (veure Figura 69). Per tant, la intervenció ha permès que tots els alumnes millorin individualment la generació de significat científic i l'adquisició d'habilitats d'indagació.

En darrer lloc, el grup que major dispersió presenta al Posttest és el grup 4. El grup també és força heterogeni en els punts de partida dels diferents membres, ja que la meitat d'ells estan per damunt de la mitjana i l'altra meitat per sota (veure Figura 69). Amb l'objectiu de mostrar que el grup és conscient d'aquesta heterogeneïtat i com que consideren que l'han abordat i els ha enriquit en l'aprenentatge, a continuació es selecciona un fragment de la seva tasca de reflexió sobre el Projecte.

"Som un grup bastant peculiar ja que dos dels seus membres tenien un nivell de coneixements previs en aquest tema molt més profund que el dels altres dos membres. Aquest fet, lluny de ser un obstacle, ens ha resultat enriquidor a tots quatre perquè tots hem après de tots. De vegades, el domini d'un tema objecte d'estudi per part d'un membre d'un grup, pot fer que la resta es relaxi i accepti allò que proposa aquest membre expert. En el nostre cas, tot i poder dirigir l'evolució del procés, els membres amb un nivell de coneixements de partida inferior han aportat el seu punt de vista en tots els passos que hem anat seguint. Aquest fet ha servit per aportar maneres diferents de veure i afrontar les situacions. Posicions que d'altra manera els membres experts no haguessin considerat i que, indubtablement, han servit per enriquir el nostre treball a través de les discussions que hem tingut. Retroalimentacions escoltades i respectades per part de tots i rebatudes amb arguments igualment respectats pels altres quan era oportú fer-ho i a partir de les quals hem pres les decisions que el grup ha considerat oportunes. Hem pres decisions respectant el treball dels altres. Per tant, podem dir que tots hem après a aprendre dels altres i amb els altres." (Grup 4)

Amb aquesta reflexió, els alumnes demostren haver pres consciència de la naturalesa dialògica del treball realitzat, fet que contribueix a millorar les seves competències sobre coneixement didàctic del contingut científic que defineixen el perfil professional per educar amb efectivitat en la indagació científica (Alake-Tuenter et al., 2013). Destaquen que tots han après de tots a partir de processos com valorar els punts de vista dels companys, que és una característica de l'ensenyament-aprenentatge dialògic. Han pres consciència que els diferents punts de vista aportats en una discussió ajuden a valorar les variades dimensions d'un mateix fenomen i d'aquesta manera, a generar en la dimensió intermental un significat més complex del que podria elaborar un sol individu, fins i tot essent expert. Finalment conclouen que han après a aprendre dels altres perquè dins del grup s'ha establert un clima de respecte. És per això que considerem que aquests docents en formació han participat d'una metodologia que ha contribuït que desenvolupin un seguit d'habilitats d'indagació, estratègies d'aprendre a aprendre junts i processos metacognitius, a banda d'aprendre continguts científics. Es pot afirmar que comprenen l'heterogeneïtat del grup com una variable que ha afectat positivament el seu aprenentatge i constatem que han pres consciència tant del concepte d'aprendre a aprendre junts (per exemple: Wegerif, 2013; Wegerif & Laat, 2010; Wegerif, Li & Kaufman, 2015) com de les variables implicades que van ser descrites per Yang i col·laboradors (2013), que són el lideratge distribuït, el compromís mutu, l'avaluació entre iguals i la reflexió de grup al voltant del procés d'aprenentatge.

5.1.2. Anàlisi inferencial de l'aprenentatge individual en funció dels coneixements previs

En aquest apartat es pretén aprofundir en l'anàlisi de l'evolució dels individus en funció del seu punt de partida de coneixements.

A fi i efecte de conèixer l'evolució individual de cada alumne, i concretament per poder conèixer l'impacte que ha tingut en l'aprenentatge individual la realització del Projecte grupal, es parteix del seu grau d'expertesa inicial avaluat amb el Pretest.

Per aplicar les anàlisis estadístiques cal abans establir grups per poder comparar resultats entre ells. Es dividiran els 43 alumnes en dos grups segons els seus coneixements previs sobre continguts científics i habilitats d'indagació, de manera que els anomenarem *experts* i *no experts*. Els dos grups es configuren a partir del punt de tall que s'estableix segons la mitjana del Pretest, que és 1,24. Els dos grups es defineixen de la següent manera:

- Grup 1- *No experts*: La qualificació del Pretest és $<1,24$ sobre 3 punts (18 alumnes, 41,9%)
- Grup 2- *Experts*: La qualificació del Pretest és $>1,24$ sobre 3 punts (25 alumnes, 58,1%)

Considerem que inferir a partir de l'increment entre pretest i posttest és insuficient per estudiar els resultats. Tot i que l'increment individual entre Pretest i Posttest no sigui gran, no prova que hi hagi hagut una millora important o, en altres paraules, que l'alumne hagi après del treball grupal, dependrà del seu punt de partida. Per exemple, en un cas hipotètic d'un alumne que obtingui un 2 a Pretest i un 3 a Posttest, l'increment ha estat d'1, i aquest alumne ha assolit al 100% aquest ítem. També tindrà un increment d'un 1 un alumne que ha passat d'1 a 2, però aquest alumne no ha assolit al 100% aquest ítem. En ambdós casos els alumnes obtenen el mateix increment, però no tenen el mateix significat aquests increments. És per això que apliquem la inferència estadística a partir de la separació dels alumnes en dos grups segons el seu punt de partida.

Les anàlisis que es presenten a continuació s'organitzen de la següent manera:

- i. Validació de les diferències entre els dos grups
- ii. Els resultats del Projecte depenen del punt de partida dels membres del grup?
- iii. Els resultats de Posttest depenen del punt de partida de l'alumnat?

i. Validació de les diferències entre els dos grups

Per poder aplicar l'anàlisi inferencial basat en la separació entre *experts* i *no experts*, primer cal comprovar que els resultats dels 43 alumnes al Pretest segueixin una distribució normal i que els dos grups siguin significativament diferents entre ells.

De la comparació de les dades s'obté un valor de curtosi de 0,4. Per tant, la mostra segueixen una distribució normal, com també podem apreciar a l'histograma de la

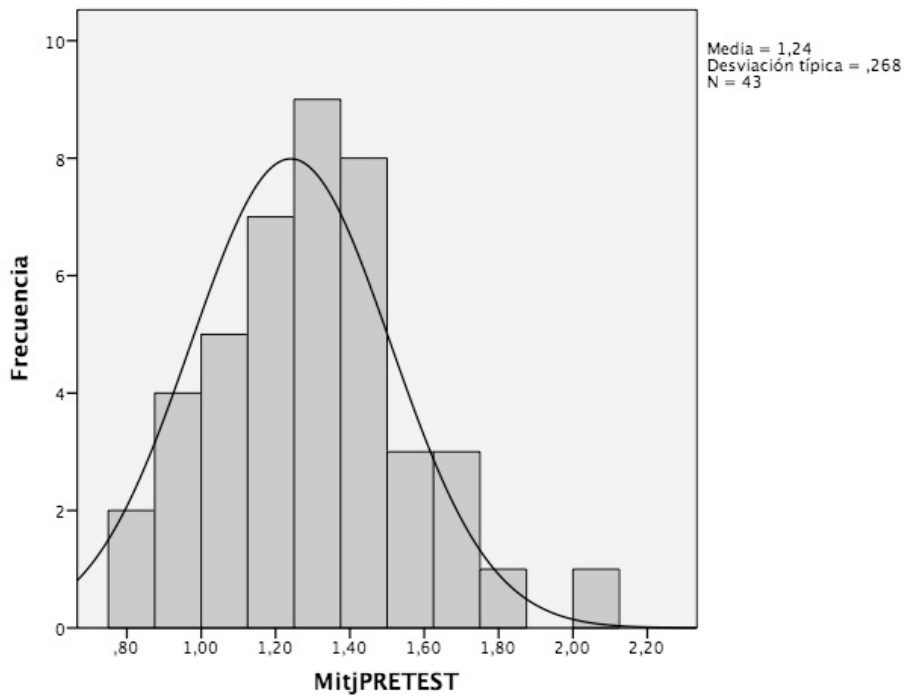


Figura 72.

Figura 72. Gràfic de distribució de les mitjanes del Pretest per tots els alumnes. Es mostra la corba de distribució normal

A partir d'una prova T es valida que els dos grups amb què s'han separat els alumnes són significativament diferents. Així es contrasta la variable de les qualificacions mitjanes dels 43 alumnes al Pretest agrupada pels grups d'*experts* i *no experts*. Els resultats del T-test de contrast d'hipòtesis es mostren a continuació a la Taula 47:

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
MitjPRETEST	Se han asumido varianzas iguales	1,379	,247	-8,063	41	,000	-,42109	,05222	-,52655	-,31562
	No se han asumido varianzas iguales			-8,539	40,981	,000	-,42109	,04931	-,52068	-,32150

Taula 47. T-test pel contrast entre les mitjanes individuals del Pretest i la separació entre els dos grups, experts i no experts, definits per la mitjana de totes les mostres al Pretest (1,24/3)

En base a aquests resultats es pot determinar que les qualificacions són significativament diferents entre els dos grups i, per tant, es poden comparar. Per tant, es confirma que es poden aplicar

proves d'inferència estadística en base a la separació dels 43 alumnes en funció del seu punt de partida determinat amb els resultats de la prova d'avaluació inicial, Pretest.

ii. **Els resultats del projecte depenen del punt de partida dels membres del grup?**

Una vegada s'ha confirmat que es poden analitzar els resultats amb la separació de grups segons el punt de partida de l'alumnat, s'inicia l'anàlisi inferencial per avaluar si hi ha diferències en la qualificació del Projecte de grup segons el punt de partida dels seus membres. És a dir, es planteja si el nivell d'expertesa dels membres del grup ha estat determinant per assolir millors resultats al Projecte. Els resultats del T-test es mostren a continuació a la Taula 48.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
MitjPROJECTE	Se han asumido varianzas iguales	,192	,663	,272	41	,787	,01978	,07272	-,12709	,16665
	No se han asumido varianzas iguales			,270	35,764	,789	,01978	,07327	-,12886	,16842

Taula 48. T-test pel contrast entre els resultats del Projecte i la separació entre els dos grups, experts i no experts, definits per la mitjana de totes les mostres al Pretest (1,24/3)

El test prova que no hi ha diferències significatives entre les variables i, per tant, els resultats del Projecte no depenen, a nivell estadístic, del nivell d'expertesa inicial de coneixements dels membres del grup. És per això que interpretem que el mateix model pedagògic amb què es fonamenta el Projecte ha facilitat el canvi de cultura de grup de manera que els alumnes han participat en un diàleg igualitari. El context d'aprenentatge ha promogut que tots els individus participin i que, com a conseqüència, mobilitzin el pensament. D'aquesta manera, les diferències individuals no han estat discriminatòries i els individus han transcendit les seves limitacions relatives a coneixements sobre continguts científics i habilitats d'indagació (Devolder i col·laboradors, 2012).

Considerem que l'alumnat ha assolit allò que Mercer i Littleton (2007) defineixen com a Zona de Desenvolupament Col·lectiu a partir del desenvolupament del raonament científic col·lectiu, que estén el concepte de Zona de Desenvolupament proper de Vygotsky (1978) a la col·laboració entre iguals. Tanmateix, en aquest punt proposem que caldria aprofundir en l'estudi dels processos d'interacció per conèixer com des de la pedagogia s'ha contribuït a donar un valor positiu a la diversitat i l'ha mediat per transcendir les limitacions que configuren les diferències individuals.

Pel que fa al paper que ha tingut Metafora en la mediació de la interacció i el suport a l'aprenentatge de les ciències per indagació, considerem que ha potenciat els quatre aspectes amb què Donnelly i col·laboradors (2014) han descrit els entorns tecnològics d'aprenentatge que donen suport a la indagació. Ha contribuït a fer que els alumnes explorin contextos científics autèntics i significatius, que puguin visualitzar el procés compartit de construcció de l'aprenentatge i, en definitiva, ha promogut el desenvolupament d'un aprenentatge autònom en què s'han activat els processos metacognitius. Entre aquests aspectes destaquem la visualització del procés per mitjà del llenguatge visual que es materialitza en funcions com les icones de treball científic. Les icones han contribuït a la planificació i organització del mapa Metafora, que esdevé l'espai comú de treball, des de l'orientació del cicle d'indagació i les habilitats d'indagació en ciències.

A títol d'exemple, es mostra a la Figura 73 com el grup 4 ha utilitzat el llenguatge visual per articular i organitzar els seus acords per a la resolució del repte plantejat al projecte "Bec o no?". En aquesta imatge es mostra el mapa Metafora on, per mitjà de les icones d'etapes d'indagació, organitzen les fases de: plantejament del problema i formulació d'hipòtesis, discutir resultats, elaborar conclusions i reflexionar sobre el procés. Amb les icones de processos i habilitats d'indagació desempaqueten les etapes de la indagació. Per exemple, entre l'etapa de formular hipòtesis i la de discutir resultats, desempaqueten tota l'etapa de disseny experimental i d'obtenció i registre de resultats amb les icones de "recopilar informació", "pluja d'idees", "experimentar" i "analitzar". A més, a la part dreta de vuit icones el grup ha enllaçat mapes de discussió LASAD on es registren i s'organitzen els acords de grup fruit de les discussions. A la part dreta de la Figura 73 es mostra un fragment de discussió LASAD on el grup pren acords per dissenyar l'experiment que permetrà acceptar o refutar les seves hipòtesis.

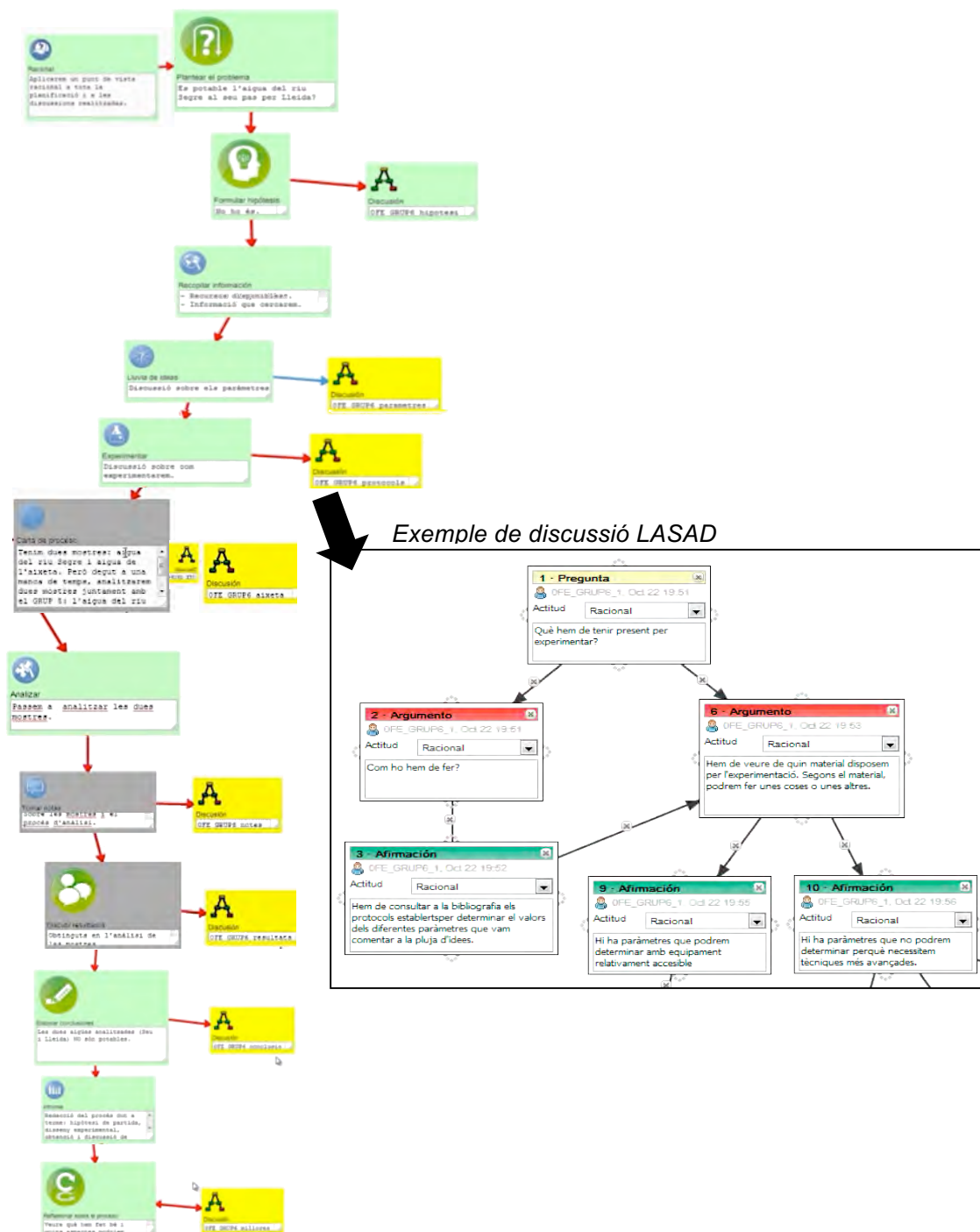


Figura 73. Mapa Metafora del grup 4 i exemple de de fragment de discussió LASAD

iii. Els resultats de Postest depenen del punt de partida de l'alumnat?

A continuació es planteja si els resultats dels alumnes al Postest es relacionen amb el seu nivell d'expertesa inicial. Es contrasta aquesta relació entre variables aplicant un T-test per comparar els grups 1 i 2 en relació a les qualificacions que ha obtingut cada alumne en el Postest. A la Taula 49 es mostren els resultats de l'anàlisi.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
MiQPOSTEST	Se han asumido varianzas iguales	2,163	,149	-1,360	41	,181	-,11518	,08466	-,28615	,05579
	No se han asumido varianzas iguales			-1,314	31,863	,198	-,11518	,08762	-,29369	,06333

Taula 49. T-test pel contrast entre les mitjanes individuals del Postest i la separació entre els dos grups, experts i no experts, definits per la mitjana de totes les mostres al Pretest (1,24/3)

El resultat no és significatiu, per tant no hi ha diferències entre experts i no experts en el punt de partida pel que fa als resultats del Postest, és a dir, una variable no depèn de l'altra. Aquest resultat evidencia que els alumnes amb un punt de partida de coneixements baix, han après i han millorat els seus resultats sense diferències significatives en com ho han fet també els alumnes experts. Per tant, en la línia de l'argumentació dels resultats obtinguts a l'apartat anterior *ii*, interpretem que el model pedagògic integrat al Projecte "Bec o no?" ha propiciat una interacció basada en l'aprenentatge entre iguals per indagació i dialògic. D'aquesta manera tots els alumnes han millorat obtenint uns resultats d'aprenentatge individuals que són independents dels seus coneixements inicials. Aquests resultats també s'han posat de manifest a la part *ii* de l'apartat 5.1.1 *Anàlisi descriptiu* d'aquest tercer estudi. Park i col·laboradors (2008) reconeixen també en els seus estudis que, quan l'alumnat treballa col·laborativament, els alumnes amb dificultats es mostren i s'obren a les discussions de grup. Per tant, considerem que el model pedagògic que proposem contrasta amb la metodologia tradicional directiva on són només els alumnes que tenen facilitat per les ciències els que senten la confiança de participar en discussions davant de tot el grup classe.

D'una banda, atribuïm els nostres resultats al fet que l'aprenentatge dialògic fomenta un diàleg igualitari (Wegerif, 2010) per mitjà del qual els membres del grup interaccionen i, per tant, comparteixen punts de vista, manifesten errors conceptuals que poden ser reconeguts i contrastats entre iguals. Resnick i Schantz (2015) posen de relleu la característica d'igualtat d'oportunitats que es promou des d'aquesta metodologia. A més, Wegerif i col·laboradors (1999) demostren que una intervenció dissenyada per millorar la conversa entre individus associats en grups, com és el cas del projecte "Bec o no?", no només té un impacte en l'habilitat grupal de resoldre problemes sinó també en el pensament o habilitat individual.

L'explicació que donem d'aquests resultats es fonamenta en la hipòtesi del cervell social de Dunbar (1998) i és recolzada des de la neurociència. L'èxit de l'aprenentatge generat a partir de la col·laboració igualitària entre individus es basa en les capacitats socials del nostre cervell fixades al llarg del procés evolutiu. Per exemple, Muskamel i col·laboradors (2010) van descriure el funcionament de les neurones mirall en humans i el rol que desenvolupen en l'orientació intersubjectiva facilitant que percebem i ens ajustem als nostres companys. En aquesta línia, Frith i Singer (2008) interpreten que les neurones mirall faciliten que ens ajustem als altres a partir de compartir objectius i accions, que en el cas del projecte "Bec o no?" seria compartir l'objectiu de resoldre el repte que es planteja.

D'altra banda, també es pot considerar que la metodologia pedagògica emprada ha propiciat que la diversitat d'aprenentatge de l'alumnat hagi pogut contribuir de forma positiva en el treball en grup, tot aportant altres punts de vista per ser discutits i valorats, i que poden haver activat processos de pensament divergent que autors com Baer (2014) consideren que és una habilitat que es vincula als processos creatius. Aquesta és una altra línia de recerca, en què estem interessats i desenvolupem en aquests moments des del grup de recerca CONTIC, però que no és el focus d'aquesta tesi.

En síntesi, en aquest apartat hem pogut mostrar estadísticament que els resultats individuals de Postest, i per tant l'aprenentatge, depenen del treball que els alumnes desenvolupen durant el projecte. És per això que a continuació s'analitzarà el treball en grup.

5.2. Anàlisi de l'efectivitat del pensament de grup

En aquest darrer apartat d'anàlisi i discussió dels resultats fem una anàlisi exploratòria sobre quin impacte ha tingut el pensament de grup en l'evolució individual dels membres del grup, és a dir, en l'apropiació del coneixement i de les habilitats d'indagació generats en grup a partir del diàleg. Es pretén, doncs, avaluar estadísticament el valor que ha suposat el treball en grup, que anomenarem **l'efectivitat del pensament de grup**. Altres autors utilitzen de manera similar a aquest concepte el de la intel·ligència social o col·lectiva (p. ex.: Resnick et al., 2015; Woolley et al., 2010). Aquest valor es defineix com l'assoliment dels ítems amb què s'avalua l'aprenentatge i que són comparables entre Pretest, Projecte i Postest. Al seu torn, aquests ítems avaluen la generació de continguts científics i l'adquisició i millora d'habilitats d'indagació.

5.2.1. Mètode de mesura del pensament de grup

Una de les dificultats que s'ha detectat en els darrers anys és que, en els estudis que pretenen analitzar la influència del treball de grup en l'aprenentatge, no sempre es poden distingir amb claredat els processos causals que enllacen la manera com els alumnes dialoguen i els resultats d'aprenentatge. Howe (2013) ha fet una revisió dels estudis més recents que avaluen la qualitat del treball en grup i el rendiment d'aquest en la resolució de tasques en grups col·laboratius. En aquesta revisió els autors comparen el treball grupal que volen avaluar amb allò que defineixen com un bon model de pensament de grup. Tanmateix, constaten que en els darrers vint anys la majoria dels estudis es basen en l'anàlisi de models que es fonamenten en diferents teories de l'aprenentatge, les quals són cada cop més i varien segons el focus. Com a conseqüència d'aquesta evidència, els autors posen de manifest que s'estableix una divergència entre les diferents propostes. En són exemples la "Conversa Responsable" (Michaels, O'Connor, & Resnick, 2008), la "Conversa Exploratòria" basada en la perspectiva de Vygotsky (Mercer & Littleton, 2007), la "Indagació Progressiva" (Muukkonen, Lakkala, & Hakkarainen, 2009), la "Conversa de Qualitat" (Davies & Meissel, 2016) i el "Raonament Col·laboratiu" (Resnick & Schantz, 2015). Howe (2013) consideren que l'anàlisi basada en models és limitada per informar si el diàleg és efectiu per mediar el pensament de grup, posat que cada model focalitza en l'assoliment d'una pedagogia concreta. És a dir, és útil per avaluar si la intervenció és efectiva en el diàleg però no mesura l'efectivitat del pensament de grup.

Altres autors que no es basen en models, proposen anàlisis d'estadística quantitativa inductiva, per exemple Woolley i col·laboradors (2010). Amb aquesta metodologia es poden evidenciar els processos causals que enllacen la manera com els alumnes dialoguen amb els resultats de l'aprenentatge.

Per a la nostra anàlisi, aplicarem la metodologia que Wegerif i col·laboradors (2016) han publicat recentment. Els autors proposen una metodologia que han anomenat "Group Thinking Measure" que supera les limitacions dels models i que es presenta com a convergent. L'han desenvolupat i aplicat en diversos països (UK, Mèxic i Xina) i és una mesura d'allò que Mercer (2013) anomena coconstrucció del coneixement i que es basa en què, a partir del diàleg, els alumnes poden coordinar els seus esforços mentals, compartir i discutir idees per construir noves estratègies robustes i generalitzables per completar una tasca compartida. La mesura de pensament de grup que proposen

els autors és d'especial interès ja que és més directa que les anteriors perquè correlaciona el pensament de grup amb el pensament individual. Aquesta correlació es basa amb les diferències entre els resultats individuals i els resultats que obtenen quan treballen organitzats en grup.

A més, en un estudi anterior que ha estat molt citat, el mateix Wegerif, conjuntament amb Mercer i Dawes (1999), van demostrar que una intervenció dissenyada per millorar la conversa entre individus associats en grups, no només té un impacte en l'habilitat grupal de resoldre problemes sinó també en el pensament o habilitat individual. La conclusió dels autors ens fa pensar que el pensament de grup es pot vincular a l'aprenentatge individual.

Alguns autors parlen de pensament de grup efectiu (Wegerif, 2016) i altres de la qualitat de la intel·ligència del grup o la intel·ligència col·lectiva (Woolley et al., 2010). Nosaltres utilitzarem el concepte de pensament de grup efectiu, el qual vinculem al desenvolupament d'habilitats d'indagació i a la construcció de continguts científics per part dels grups durant el Projecte "Bec o no?".

Per mesurar la qualitat del pensament de grup i l'impacte en el pensament individual Wegerif i col·laboradors (2016) proposen comparar els resultats de resolució de dos tests de *Raven* estandarditzats d'igual dificultat, un dels quals es resol individualment i l'altre en grups de tres alumnes. Aquesta comparació permet conèixer l'eficàcia del pensament de grup i també correlacionar el pensament de grup amb el pensament individual, de manera que s'obté una quantificació del valor (positiu, negatiu o neutre) que afegeix treballar en grup i que els autors vinculen amb la cultura de grup. Per al nostre estudi, aplicarem la mesura del pensament de grup als resultats de qualificació individual de Pretest i a les qualificacions grupals de Projecte. D'aquesta manera podrem explorar el valor que afegeix el treball en grup al treball individual.

En primer lloc Wegerif i col·laboradors (2016) proposen calcular una mesura de referència que anomenarem R_n que serveix per determinar la capacitat potencial que té cada grup per assolir els ítems d'avaluació de Pretest, que a partir d'ara anomenarem **potencial de coneixements previs**. A partir d'aquest moment distingirem entre grup i grup-classe per distingir els tres o quatre alumnes que configuren el grup de treball durant la resolució del repte "Bec o no?" dels 43 alumnes participants en la intervenció, respectivament. Per determinar R es calcula la desviació estàndard (σ) de la qualificació final de Pretest de tot el grup-classe ($N=43$). A aquesta desviació se li suma la qualificació de l'alumne del grup que obté el resultat més alt a Pretest (C_n). Si el grup assoleix un resultat superior al de l'individu del mateix grup amb el millor resultat, indicarà que treballar conjuntament en grup ha afegit valor positiu al pensament individual.

Per tant, R_n estableix un valor de referència per a cada grup ja que combina la qualificació de l'individu del grup amb majors coneixements a Pretest i es corregeix aquest valor afegint-hi la desviació estàndard dels 43 individus participants a l'estudi.

Es resumeix a continuació el càlcul del potencial de coneixements previs que té cada grup (R_n):

$$R_n = C_n + \sigma_N$$

n = grup

N = qualificació del Pretest dels 43 alumnes (sobre 3) del grup-classe

A_n = qualificació grupal del Projecte

B_n = qualificació individual del Postest

C_n = qualificació de l'alumne del grup n que obté el resultat més alt a Pretest

A partir d'aquesta comparació es podrà determinar, així com estableixen Wegerif i col·laboradors (2016) al seu estudi, si el pensament de grup afegeix un valor neutre o bé si afegeix un valor positiu o negatiu a l'aprenentatge de cada individu. Per determinar els tres valors de pensament de grup, es prenen de referència els següents axiomes:

- Si $(A_n \text{ o } B_n) = R_n \rightarrow \text{neutre}$
- Si $(A_n \text{ o } B_n) > R_n \rightarrow \text{valor afegit positiu}$
- Si $(A_n \text{ o } B_n) < R_n \rightarrow \text{valor afegit negatiu}$

5.2.2. Valor que afegeix el pensament de grup

L'anàlisi que es presenta a continuació pretén explorar el valor que afegeix el pensament de grup per assolir els ítems d'avaluació sobre generació de significat científic i habilitats d'indagació implicats en la resolució del projecte "Bec o no?", en funció del potencial de coneixements previs dels individus que constitueixen el grup.

A partir de la mesura suggerida per Wegerif i col·laboradors (2016) proposem quantificar el valor del pensament de grup (V). Per aquest càlcul es resta el potencial de coneixements previs (R_n) a la qualificació de Projecte de cada grup. S'expressa aquesta equació a continuació:

$$V = A_n - R_n$$

El valor de V per a cada grup ens permetrà quantificar la magnitud del valor que afegeix el treball en grup per poder comparar entre grups. El resultat de V , s'interpreta en base a la proposta de Wegerif i col·laboradors (2016) i ajustant els axiomes que s'han presentat a l'apartat anterior de la següent manera:

- Si $V = 0 \rightarrow \text{neutre}$
- Si $V > 0 \rightarrow \text{valor afegit positiu}$
- Si $V < 0 \rightarrow \text{valor afegit negatiu}$

A la Figura 74 es representen els resultats del càlcul del valor V per a cadascun dels grups amb la finalitat de poder comparar el valor que cada grup ha afegit al desenvolupament del Projecte. Com ja s'ha fet anteriorment, per facilitar la interpretació del gràfic, s'ordenen els grups de major a menor valor de V , posat que el grup és una variable qualitativa.

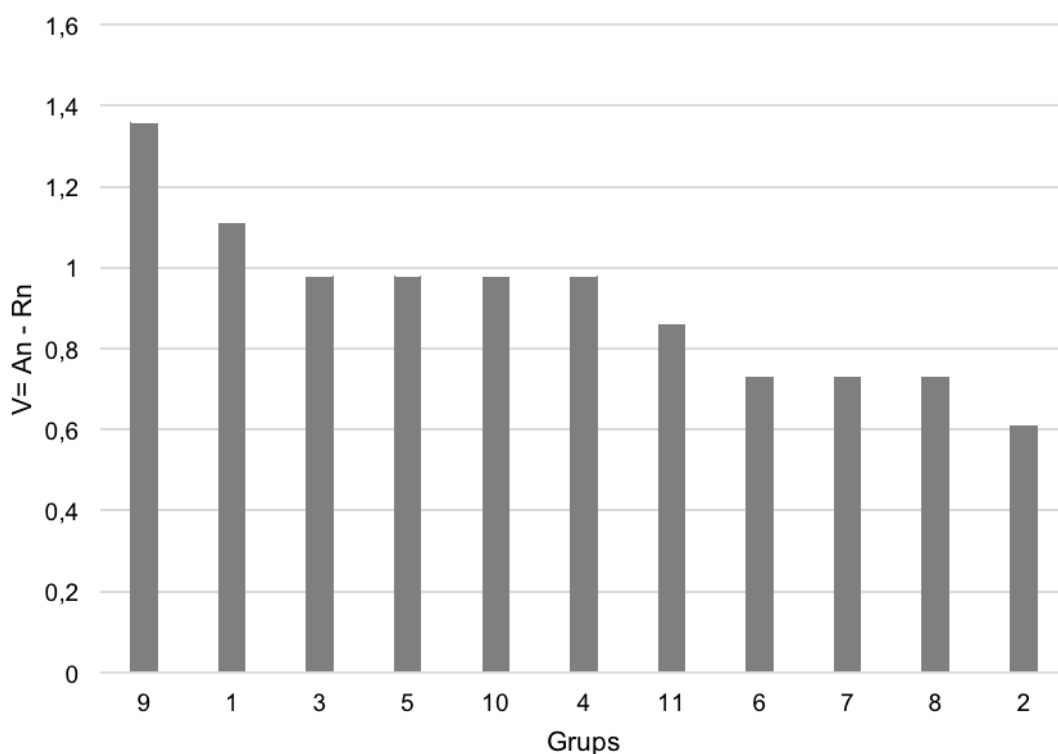


Figura 74. Representació del valor V corresponent al valor que ha afegit el pensament de grup desenvolupat durant el Projecte "Bec o no?" al treball individual

En primer lloc, s'evidencia que el valor que ha afegit el pensament de grup ha superat en tots els casos el potencial de coneixements previs determinat en funció dels resultats de Pretest. Això demostra que la cultura generada al projecte ha promogut el treball col·laboratiu i dialògic.

S'observa que el valor del pensament de grup ha estat diferent en tots els grups. Aquest resultat l'atribuïm al desenvolupament que ha fet cada grup dels processos que influencien l'aprendre a aprendre junts (Yang et al., 2013). D'altra banda considerem que pot haver influït els resultats el fet que el repte que es proposa al Projecte sigui de final obert i que per tant no hi ha una sola manera de plantejar la solució del repte. D'aquesta manera, segons el camí que hagi pres cada grup es poden haver treballat més àmpliament alguns continguts científics i habilitats d'indagació que altres. Per tant, és possible que els grups hagin desenvolupat les habilitats d'indagació de diferent manera. En aquesta línia d'interpretació, Barron (2003) analitza les discussions dels alumnes i identifica patrons d'interacció que són més productius que altres per establir un espai comú de treball, al qual nosaltres basant-nos en Wegerif (2007) anomenem espai dialògic, per resoldre tasques conjuntament i que permeten els individus del grup aprendre els uns dels altres.

Per tant, el model pedagògic del Projecte "Bec o no?" fomenta un treball col·laboratiu i el diàleg efectiu. Aquest fet pensem que ha pogut facilitar el canvi de la cultura dels grups ja que en tots ells el treball grupal afegeix un valor positiu al resultat del Projecte. El model pedagògic ha promogut el desenvolupament amb èxit dels processos implicats en l'aprendre a aprendre junts (Yang et al., 2013) i els processos que Mercer (2013) ha descrit que es donen quan els individus transfereixen l'aprenentatge de la dimensió intermental a la intramental (apropiació, coconstrucció i transformació) han permès als alumnes obtenir resultats d'èxit a la prova d'avaluació posterior al Projecte (Postest). Els nostres

resultats es sostenen amb evidències similars obtingudes en altres estudis. Destaquem altres estudis com el de Mercer, Dawes, Sams i Wegerif (2004) que van demostrar des de l'àmbit de les ciències i les matemàtiques que quan entre companys es facilita un diàleg efectiu en què es doni un raonament conjunt i els companys participin activament, que caracteritzen com a conversa exploratòria, els alumnes milloren els seus resultats individuals. Davies i Meissel (2016), a partir d'una metanàlisi de 42 estudis, també van trobar resultats similars. I també s'hi sumen els estudis de Augustinova (2008), Roseth, Johnson i Johnson (2008) i Slavin (2009).

Wegerif i col·laboradors (2016) afirmen que quan els alumnes s'adonen de l'impacte que té la integració d'estratègies d'aprendre a aprendre junts i l'aprenentatge dialògic, incrementa la motivació tant d'alumnes com de professors. En aquesta línia, considerem que el model pedagògic també ha canviat la manera d'aprendre ciències, fet que ha promogut també un canvi de cultura que implica la millora de l'actitud cap a la ciència. D'aquesta manera, també s'està contribuint a generar en els alumnes actituds positives cap a l'aprenentatge i l'ensenyament de les ciències i per la metodologia de la indagació, que amb probabilitat repercutirà en les seves estratègies docents i la seva futura tasca com a professionals de l'educació.

5.3. Introducció a l'exploració de la interacció

En aquest darrer apartat es pretén fer una introducció exploratòria a l'anàlisi de la interacció per complementar l'estudi del pensament de grup i exemplificar el diàleg entre iguals que s'ha esdevingut durant la intervenció i, en definitiva, els processos d'aprendre a aprendre junts. Tot i no ser dins dels objectius d'aquesta tesi, estem d'acord amb Wegerif i col·laboradors (2016) quan suggereixen que l'anàlisi del pensament de grup es realitzi en combinació amb l'anàlisi qualitativa del diàleg per aprofundir en l'estudi de les característiques d'aquest i comprendre com els alumnes s'involucren en la zona de desenvolupament col·lectiu (Mercer & Littleton, 2007).

L'estudi de la interacció és una de les propostes que incloem a la PART 5- Conclusions Finals, 3. *Limitacions i futures línies de recerca* (pàg. 301). Considerem que en futurs estudis seria interessant aprofundir en l'estudi dels diàlegs per conèixer quines variables han contribuït a l'efectivitat del treball en grup i a l'aprenentatge significatiu de les ciències per indagació.

Per a la introducció exploratòria, proposem fer un focus a tres extractes del diàleg del grup 4 que van esdevenir consecutius en el temps.

Ens aproximarem a l'anàlisi del diàleg a partir de dos propostes.

D'una banda ens basarem en el treball de Hennessy i col·laboradors (2016) en el qual desenvolupen un seguit de categories per a l'estudi del diàleg educatiu i productiu que anomenen "Scheme for Educational Dialogue Analysis" (SEDA). Situen SEDA en el marc de la teoria sociocultural, de l'aprenentatge dialògic i de l'etnografia de la comunicació de Hymes per definir la importància del context. Els autors proposen que, com més aspectes d'aquest esquema es reproduïen en el desenvolupament d'una activitat educativa, més dialògica esdevé aquesta. A continuació es presenta a la Taula 50 la síntesi de les categories que s'han definit a SEDA.

I – Convidar a l'elaboració o al raonament	R – Explicar el raonament
I1. Demanar una explicació o justificació de la contribució de altre	R1. Explicar o justificar la contribució d'un altre
I2. Convidar a construir, elaborar, (des)acord, avaluar la contribució o punt de vista d'un altre	R2. Explicar o justificar la contribució d'un mateix
I3. Convidar a pensar sobre les possibilitats de la contribució d'un altre	R3. Especular o predir sobre la base de la contribució d'un altre
I4. Demanar una explicació o justificació	R4. Especular o predir
I5. Convidar a pensar sobre la predicció de possibilitats	
I6. Demanar una elaboració o aclariment	
P – Posicionament i contribució	B – Construir idees
P1. Sintetitzar idees	B1. Construir o aclarir les contribucions dels altres
P2. Avaluar punts de vista alternatius	B2. Aclarir o elaborar contribucions pròpies
P3. Proposar una resolució	
P4. Reconèixer el canvi de posició	
P5. Punt de vista de repte	
P6. Formular un (des)acord o posicionament	
RD – Reflexionar sobre el diàleg o l'activitat	C – Connectar
RD1. Parlar sobre el diàleg	C1. Tornar a consultar
RD2. Reflexionar sobre el propòsit, valor, resultat procés d'aprenentatge	C2. Fer explicar la trajectòria de l'aprenentatge
RD3. Convidar a fer una reflexió sobre la finalitat, valor o resultat de l'aprenentatge del procés /	C3. Vincular l'aprenentatge a contextos més amplis
	C4. Convidar a indagar més enllà del tema
E – Expressar o convidar a expressar idees	G – Guiar la direcció del diàleg o de l'activitat
E1. Convidar a expressar opinions, creences o idees	G1. Fomentar el diàleg entre iguals
E2. Fer una altra contribució rellevant	G2. Proposar una acció o activitat d'investigació
	G3. Introduir una perspectiva amb autoritat
	G4. Proporcionar comentaris informatius
	G5. Focalitzar
	G6. Permetre temps per a pensar

Taula 50. Categories SEDA per a l'anàlisi del diàleg (adaptat de Hennessy et al., 2016, pàg. 21-27)

D'altra banda, també explorarem alguns comportaments que Wegerif i col·laboradors (2016), també des del marc de la teoria sociocultural i de l'aprenentatge dialògic, han identificat que es donen en grups col·laboratius que resolen els problemes amb èxit. Els comportaments que han identificat són:

- *Estimular els companys.*
- *Expressions d'humilitat.*
- *Buscar activament l'acord entre companys.*
- *No avançar fins que quedi clar que tots els companys del grup comprenen què s'està fent.*
- *Fer preguntes obertes.*
- *L'expressió corporal i el to de veu denoten calidesa i positivitat.*
- *Estar disposats a expressar intuïcions.*
- *Indicacions de respecte mutu.*

- *Invertir el temps necessari per resoldre la tasca i els dubtes acceptant pauses i oferint explicacions elaborades amb claredat.*
- *Tots els membres del grup participen activament en la resolució del repte i des de la igualtat.*

Presentarem aquesta exploració de la següent manera:

- i.* Presentació del context de la transcripció i transcripció
- ii.* Exploració segons l'esquema SEDA
- iii.* Exploració segons les característiques del comportament
- iv.* Conclusió de l'exploració

i) Presentació del context de la transcripció i transcripció

A la *Taula 51* es mostren els tres extractes del diàleg consecutius en el temps del grup 4. Aquests tres extractes han estat seleccionats ja que a partir del diàleg que es transcriu es pot conèixer com els individus han construït acords (*Extracte 1*), respecten i tenen en consideració les opinions dels altres (*Extracte 2*) i han gestionat el treball de grup des de la distribució del lideratge (*Extracte 3*). A la part esquerra de la taula es situa la transcripció i a la dreta les diferents interpretacions d'allò que està succeint al grup i en relació a la tasca.

Al fragment del diàleg que s'ha seleccionat, el grup comença (*Extracte 1*) a plantejar el disseny experimental i el grup encara està elaborant una construcció compartida del significat del repte que els planteja el Projecte "Bec o no?". A més, amb aquesta conversa s'exemplifica que LASAD és un espai de treball que ajuda al grup a anar concretant aspectes, idees i decisions comunes per anar avançant en l'abordatge del repte comú. LASAD permet als alumnes reorganitzar, reformular i relacionar les idees.

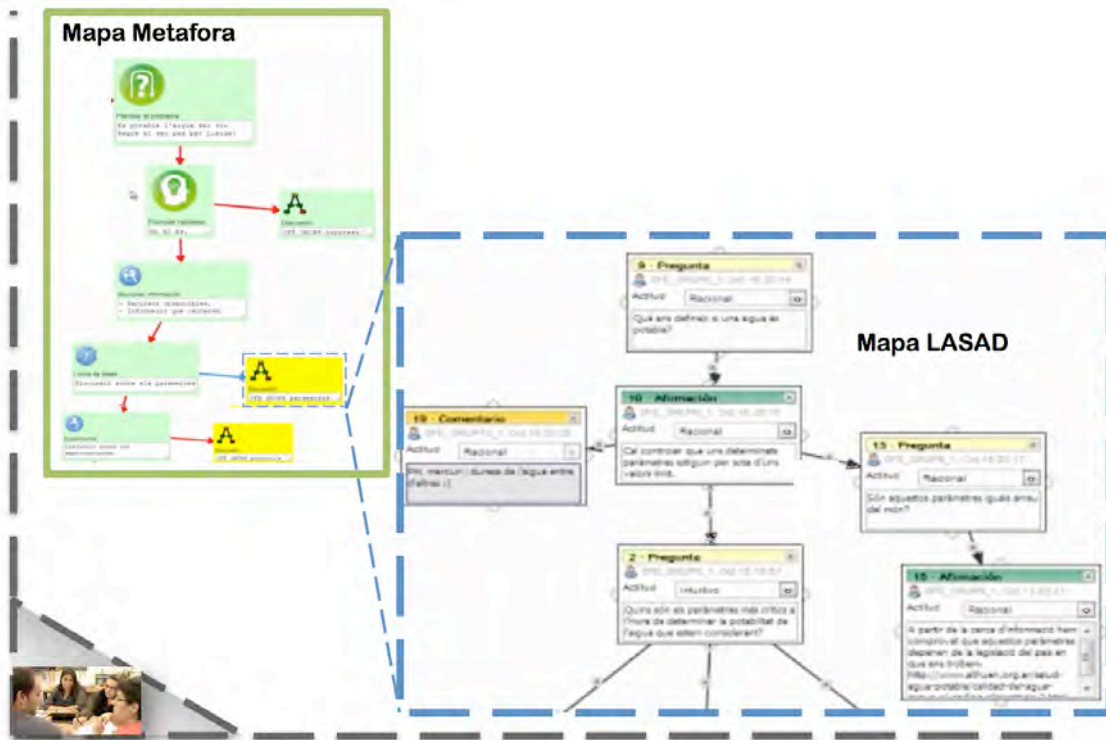


Figura 75. Mapes Metafora i LASAD que el grup 4 construeix durant la discussió de la transcripció que s'inclou a la Taula 51

Taula 51

Es distingeix també que a Metafora l'alumnat incorpora el desenvolupament dels processos científics d'indagació. En aquest sentit utilitzen àmpliament les icones d'etapes i processos de treball científic per seqüenciar l'abordatge del repte. A la Figura 75 es mostren els mapes Metafora i LASAD que el grup ha construït fruit de la discussió exposada a la Taula 51. Al Mapa Metafora ubiquen aquesta discussió després d'haver definit el problema i haver construït les hipòtesis, a la icona de pluja d'idees que els serveix per començar a orientar el grup en el disseny de l'experiment. L'experiment esdevindrà la icona següent que el grup situarà al mapa i discutirà. A la Figura 73 (pàg. 276) es mostra el mapa Metafora complet que acaba configurant aquest grup 4.

Amb l'Extracte 2 es pretén mostrar com el clima de treball que s'ha establert entre el grup i l'espai dialògic Wegerif (2007), que s'ha generat des de l'aplicació del model pedagògic, ha facilitat que els membres s'obrissin per manifestar dubtes o errors conceptuals i que la resta han valorat i considerat. Models pedagògics com el de transmissió sovint descuiden oferir a l'alumnat amb diferents ritmes d'aprenentatge un espai per exterioritzar els seus dubtes i coneixements inicials. En aquesta línia argumental, autors com Kounios i Beeman (2015) han identificat que quan treballen en un entorn distès i de manera relaxada, els alumnes són més creatius. Per contra, l'ansietat redueix la creativitat.

Amb la l'Extracte 3 es pretén exemplificar com els individus s'organitzen per procedir a la tasca des del desenvolupament de diferents habilitats socials de lideratge que en la interpretació inclosa a la Taula 51 s'han atribuït a les categories que proposen Li i col·laboradors (2007). La correspondència entre els codis de lletres per als alumnes que s'inclouen al gràfic de la Figura 69 i els

noms de les transcripcions són els següents: *a* correspon a Mireia, *b* correspon a Àngel, *c* correspon a Nèlida i *d* correspon a Romina. La Mireia és l'alumna del grup que parteix del nivell de coneixements més alt i també és la que obté al Postest la qualificació més alta. El seu rol es centra en el desenvolupament de l'argument i en controlar el tema de discussió. L'Àngel és el segon alumne del grup amb millors resultats, tant a Pretest com a Postest. El seu rol es centra en planificar la tasca i organitzar el grup. Es situa en tercer lloc el resultat de Pretest de la Nèlida i pràcticament la qualificació que obté al Postest no varia. La Romina es situa en quart lloc pel que fa a resultats del Pretest, però evoluciona notablement al Postest. El rol d'aquestes dues darreres alumnes es caracteritza per la participació en la comprensió de les idees dels companys i exterioritzen els seus punts de vista que es fonamenten en les experiències viscudes. Activament revisen les seves idees i les reconstrueixen en major o menor grau tenint en compte les idees generades i consensuades en grup.

A continuació es presenta la transcripció dels tres extractes.

Extracte 1: Construcció d'acords		Interpretació
1	<i>Mireia: vale, ara comencem. Contribution</i>	
2	<i>Àngel: Información, argumento, comentario... [seleccionen les possibilitats per afegir un quadre de text i començar a configurar el mapa LASAD]</i>	Els membres del grup es posen d'acord sobre quins són els paràmetres que hauran d'analitzar de l'aigua per poder demostrar si és potable o no. Comencen definint entre tots què volen discutir en aquest mapa LASAD (4 i 6). Entre tots defineixen una pregunta que estableix un fil conductor (7 a 13). A partir del procés de definició de la pregunta, els diferents membres manifesten si comprenen què s'està fent o si tenen errors conceptuals i s'ajuden els uns als altres. En definitiva, això ajuda al grup a centrar la discussió.
3	<i>Romina: és una afirmació la nostra hipòtesi.</i>	
4	<i>Mireia: no, realment ara estem davant del quadre de paràmetres, per tant, anem a discutir.</i>	
5	<i>Romina: ah, vale.</i>	
6	<i>Nèlida: I hem d'establir quina és... si els microorganismes o...</i>	
7	<i>Romina: En què ens fixarem? Podem ficar una pregunta. En què ens fixarem? Llavors posem els paràmetres que per nosaltres ens semblen més importants no? O seguir un ordre...</i>	
8	<i>Mireia: o com iniciem la investigació dels paràmetres? O...</i>	
9	<i>Àngel: Quins paràmetres són els més determinants?</i>	
10	<i>Romina: o quins són els més destacables?</i>	
11	<i>Àngel: és que són tots en realitat.</i>	
12	<i>Mireia: però la duresa, per exemple?</i>	
13	<i>Àngel: Quins poden ser els més crítics?</i>	
14	<i>Mireia: la duresa, no acabem bevent aigua dura? Podria acabar sent potable.</i>	
15	<i>Àngel: però lo que estem fent és discriminar els paràmetres que poden ser més crítics en el cas concret que estem treballant perquè a lo millor en un altre lloc serien uns altres.</i>	
16	<i>Romina: però igual nosaltres no treballem... aquests...</i>	
17	<i>Mireia: no, per exemple a tu et diuen en un lloc que és aigua dura i tu te la beus. Però si te diuen que hi ha animallets, no te la beus. Per tant, discriminar quins són aquests paràmetres que poden afectar.</i>	

Extracte 2: respecte i consideració cap a les opinions dels altres		Interpretació
[...]		El grup ha generat un clima de confiança que facilita compartir les seves idees i ser valorades. Això promou la construcció conjunta del coneixement. La Romina manifesta que fins al moment encara no comprenia amb claredat què planteja el repte (4). En aquest moment tot el grup comparteix el mateix significat d'aquest (6 i 7).
1	Mireia: quins són els paràmetres més crítics a l'hora de decidir si una aigua és [l'Àngel va registrant a la contribució a LASAD]	
2	Romina: potable	
3	Àngel: a l'hora de determinar la potabilitat de l'aigua.	
4	Romina: jo tinc un dubte, per què es deu dir bec o no bec?	
5	Mireia: el projecte	
6	Nèlida: si puc beure o no puc beure aigua	
7	Romina: avui se m'ha resolt el dubte perquè l'altre dia pensava: i aquest nom tant raro... jo pensava en un bec dels pinsans.	
8	Mireia: de moment serà intuïtiva no? [l'Àngel selecciona que la contribució és una pregunta intuïtiva]	
Extracte 3: Gestió del lideratge		Interpretació
1	Àngel: i ara la racional, no?	Basant-nos en les categories que estableixen Li i col·laboradors (2007) per analitzar la distribució del lideratge, fins al moment el definim com el descrivim a continuació. L'Àngel planifica i organitza. Ell és qui està registrant a l'ordinador i qui demana als companys concretar. D'altra banda porta el ritme de construcció de nous continguts. (5, 8, 10, 12, 15 i 17). La Mireia es centra en el desenvolupament de l'argument i a controlar el tema de discussió. Ofereix evidències basades en els seus coneixements (6, 9) i vetlla per no perdre el fil de la discussió (11 i 13). La Nèlida (14) i la Romina participen des de la comprensió i l'exposició dels seus punts de vista i reformulació d'idees basades en l'experiència.
2	Mireia: potser hi ha plaguicides, és un paràmetre diferent.	
3	Àngel: afirmació [va registrant a la contribució]	
4	Mireia: l'aigua que volem analitzar o que volem beure no ha de contenir microorganismes.	
5	Àngel: una pregunta, als paràmetres de l'aigua no se miren plaguicides, per exemple?	
6	Mireia: suposo que si però... suposadament en un "manantial" no s'han infiltrat. Però sí, sí, si hi hagués algun producte important hi podria haver infiltració. Normalment analitzen els paràmetres per a ser de consum.	
7	Àngel: perquè se suposa que és una aigua que serà bona.	
[...]		
8	Àngel: La meua pregunta és: si tenim allí tots els paràmetres, en principi sí, no? [fa referència a les taules de potabilitat que s'ofereixen a recursos] o si n'hi falten d'altres.	
9	Mireia: a veure, suposo que si és una aigua nova la deu analitzar, però si és un manantial i saps que és bona, les anàlisis es renoven cada 5 anys.	
10	Àngel: però això no és un manantial.	
11	Mireia: vale, plantegem-ho.	
12	Àngel: tenim els que tenim i després ens plantegem si potser en falten.	
[...]		
13	Mireia: l'aigua podria estar contaminada amb metalls pesants, mercuri, plom, arsènic, ... plaguicides. Obrir parèntesi i poden ser herbicides, raticides, tot això estaria a dins.	
14	Nèlida: nosaltres tota la vida a casa hem sigut pagesos i llavors tenim terres. La meua mare, quan era petita, hi havia molta vegetació i hi havia moltes aus i es banyava al riu. [...] Però ara amb tantes granges i tants animals ja no es pot banyar al riu.	
15	Àngel: una cosa, lligat amb el que ella ens ha dit, jo crec que és una pregunta.	
16	Mireia: què determina...	
17	Àngel: sí, què determina la potabilitat? Aleshores diria quins són els paràmetres més crítics? [en aquest moment reorganitzen les contribucions que havien afegit a LASAD posant aquesta darrera idea a la part superior del mapa]	

Taula 51. Transcripció i interpretació de la discussió durant el procés de treball del grup 4 durant el Projecte

ii) Exploració segons l'esquema SEDA

A la Taula 52 es recullen exemples del diàleg seleccionat a la transcripció per a les categories que configuren SEDA i que Hennessy i col·laboradors (2016) proposen que caracteritzen un treball de grup col·laboratiu caracteritzat per l'aprenentatge dialògic. A la taula s'inclou també la localització del número de contribució de l'alumne i l'extracte on s'ubica. Destaquem que la categoria *G- Guiar la direcció del diàleg o de l'activitat* inclosa a SEDA (veure Taula 50 de la pàgina 283) no s'inclou en aquesta anàlisi ja que el guiatge no és el focus d'aquesta exploració.

	Categoria de SEDA (Hennessy et al. 2016)	Contribució o descripció i localització (Extracte, número de contribució)
I – Convidar a l'elaboració o al raonament	I1. Demanar una explicació o justificació de la contribució de altre	Àngel: Quins paràmetres són els més determinants? (E1, 9)
	I2. Convida a construir, elaborar, (des)acord, avaluar la contribució o punt de vista d'un altre	Àngel: Quins poden ser els més crítics? (E1, 13)
	I4. Demanar una explicació o justificació	Romina: jo tinc un dubte, per què es deu dir bec o no bec? (E2, 4)
	I5. Convidar a pensar sobre la predicció de possibilitats	Mireia: la duresa, no acabem bevent aigua dura? Podria acabar sent potable. (E1, 14)
	I6. Demanar una elaboració o aclariment	Àngel: una pregunta, als paràmetres de l'aigua no se miren plaguicides per exemple? (E3, 5) Àngel: sí, què determina la potabilitat? Aleshores diria: quins són els paràmetres més crítics? [en aquest moment reorganitzen les contribucions que havien afegit a LASAD posant aquesta darrera idea a la part superior del mapa] (E3, 17)
	P – Posicionament i contribució	P1. Sintetitzar idees
P2. Avaluar punts de vista alternatius		Mireia: suposo que sí, però... Suposadament en un "manantial" no s'han infiltrat. Però sí, sí, si hi hagués algun producte important hi podria haver infiltració. Normalment analitzen els paràmetres per a ser de consum.(E3, 6)
P3. Proposar una resolució		Mireia: vale, plantegem-ho.(E3, 11) Àngel: una cosa, lligat amb el què ella ens ha dit, jo crec que és una pregunta (E3, 15)
P4. Reconèixer el canvi de posició		Àngel: però això no és un "manantial".(E3, 10)
P6. Formular un (des)acord o posicionament		Mireia: no, realment ara estem davant del quadre de paràmetres, per tant anem a discutir.(E1, 4)
RD – Reflexionar sobre el diàleg o l'activitat		RD2. Reflexionar sobre el propòsit, valor, resultat procés d'aprenentatge
E – Expressar o convidar a expressar idees	E1. Convidar que s'expressin opinions, creences o idees	Àngel: Quins poden ser els més crítics? (E1, 13)
	E2. Fer una altra contribució rellevant	Mireia: l'aigua que volem analitzar o que volem beure no ha de contenir microorganismes (E3, 4) Mireia: no, per exemple a tu et diuen en un lloc que és aigua dura, i tu te la beus. Però si te diuen que hi ha animallets, no te la beus. Per tant discriminar quins són aquests paràmetres que poden afectar.(E1, 17)
R – Explicitar el raonament	R1. Explicar o justificar la contribució d'un altre	Nèlida: nosaltres tota la vida a casa hem sigut pagesos i llavors tenim terres. La meua mare, quan era petita, hi havia molta vegetació i hi havia moltes aus i es banyava al riu. [...] Però ara amb tantes granges i tants animals ja no es pot banyar al riu. (E3, 14)
	R3. Especular o predir sobre la base de la contribució d'un altre	Àngel: una cosa, lligat amb el què ella ens ha dit, jo crec que és una pregunta (E3, 15)
B – Construir idees	B1. Construir o aclarir les contribucions dels altres	Mireia: l'aigua podria estar contaminada amb metalls pesants, mercuri, plom, arsènic, ... plaguicides. Obrir parèntesi i poden ser herbicides, raticides, tot això estaria a dins (E3, 13)
	B2. Aclarir o elaborar contribucions pròpies	Àngel: La meua pregunta és si tenim allí tots els paràmetres, en principi sí, no? [fa referència a les taules de potabilitat que s'ofereixen a recursos] o si n'hi falten d'altres. (E3, 8)
C – Connectar	C4. Convidar a indagar més enllà del tema	

Taula 52. Exemples dels aspectes recollits a les categories SEDA (Hennessy et al. 2016) que caracteritzen l'aprenentatge dialògic

iii) Exploració segons les característiques del comportament

Al llarg dels tres extractes els alumnes manifesten comportaments que Wegerif i col·laboradors (2016) han identificat que es donen en grups col·laboratius que resolen els problemes amb èxit. A continuació s'identifiquen a la Taula 53 alguns exemples del diàleg seleccionat per a la transcripció o de comportaments observats en la gravació de treball de grup. A la taula s'inclou també la localització del número de contribució de l'alumne i l'extracte on s'ubica.

Comportament dialògic (Wegerif et al., 2016)	Contribució o descripció i localització (Extracte, número de contribució)
Estimular als companys	"En què ens fixarem?" (E1, 7), "Vale, plantegem-ho" (E3, 11)
Expressions d'humilitat	" Jo tinc un dubte, per què es deu dir bec o no bec?" (E2, 4)
Buscar activament l'acord entre companys	"I ara la racional, no?" (E3, 1), "vale, plantgem-ho" (E3, 11))
No avançar fins que quedi clar que tots els companys del grup comprenen què s'està fent	En conjunt l'Extracte 2 ho exemplifica.
Fer preguntes obertes	"Una pregunta, als paràmetres de l'aigua no se miren plaguicides, per exemple?" (E3, 5)
L'expressió corporal i el to de veu denoten calidesa i positivitat	Les gesticulacions per donar explicacions, els somriures i l'atenció que mostren els uns als altres mirant a la persona que està parlant exemplifiquen el clima de treball que s'ha donat durant la discussió recollida a la transcripció de la Taula 51 <i>Taula 51</i>
Estar disposats a expressar intuïcions	"Nosaltres tota la vida a casa hem sigut pagesos i llavors tenim terres. La meva mare, quan era petita, hi havia molta vegetació i hi havia moltes aus i es banyava al riu. [...] Però ara amb tantes granges i tants animals ja no es pot banyar al riu" (E3, 14)
Indicacions de respecte mutu	Per exemple, el to de la conversa i de les respostes que s'ofereixen als dubtes expressats pels companys denota respecte.
Invertir el temps necessari per resoldre la tasca i els dubtes acceptant pauses i oferint explicacions elaborades amb claredat	"Suposo que sí, però... suposadament en un manantial no s'han infiltrat. Però sí, sí, si hi hagués algun producte important hi podria haver infiltració. Normalment analitzen els paràmetres per a ser de consum" (E3, 6). En conjunt, l'Extracte 3 ho exemplifica
Tots els membres del grup participen activament en la resolució del repte i des de la igualtat	Els 3 extractes ho exemplifiquen

Taula 53. Exemples de comportaments dialògics segons les categories de Wegerif i col·laboradors (2016)

iv) Conclusió de l'exploració

La caracterització d'aquest fragment de discussió seleccionat del grup 4 pretén explorar i exemplificar les característiques de la interacció dialògica que s'han afavorit des de la intervenció amb el projecte "Bec o no?". En aquesta exploració, no només s'han tingut en compte les característiques pròpies de l'ús del llenguatge sinó també el comportament de l'alumnat durant la discussió que, d'acord amb Hennessy i col·laboradors (2016) i Wegerif i col·laboradors (2016), són característiques de la qualitat i la complexitat que presenta un diàleg efectiu i productiu.

S'ha identificat que en aquest fragment de discussió del grup 4, la intervenció s'ha esdevingut en un clima de respecte mutu i orientació cap als altres. En aquesta línia, Woolley i col·laboradors (2010) proposen el concepte de *sensibilitat social* per expressar el comportament orientat als altres que tenen els individus en els grups col·laboratius que resolen problemes conjuntament amb efectivitat.

Considerem que s'ha afavorit el desenvolupament de l'interpensament (Littleton & Mercer, 2013) inherent a una situació d'aprenentatge dialògic ja que s'ha identificat com els membres del grup explicitaven els seus raonaments, construïen idees a partir de les idees dels altres i es posicionaven amb els seus arguments i acceptaven els dels altres, fent evolucionar els seus punts de vista. A més, també s'han identificat exemples de reflexió sobre el diàleg i el propòsit de la tasca, que són aspectes que es relacionen amb la metacognició i en definitiva amb el procés d'aprendre a aprendre junts.

6. Conclusions

El punt de partida d'aquest darrer estudi es fonamenta en allò que Belousova (2015) descriu quan els individus que treballen col·laborativament s'influencien els uns als altres i que conjuntament configuren un sistema psicològic en què combinen aprenentatges i coneixements previs, comuns i nous. Com a conseqüència de la interacció col·laborativa, l'individu desenvolupa un canvi personal, l'autorealització i l'autoactualització. En aquesta mateixa línia, des de la recerca en educació, Wegerif i col·laboradors (1999), Augustinova (2008) i Slavin (2009) defensen que participar en activitats d'argumentació en grup col·laboratiu millora les habilitats de raonament individual. Totes aquestes explicacions es vinculen a la hipòtesi del cervell social de Dunbar (1998) i es recolzen en la neurociència.

A partir d'aquest fonament, s'ha analitzat l'evolució dels alumnes participants en la prova d'avaluació. Per fer-ho, ens hem aproximat als resultats grupals del Projecte i els hem relacionat amb els del Postest amb l'objectiu de quantificar l'impacte en la interiorització que fa l'individu dels aprenentatges generats en grup. La metodologia d'anàlisi ha estat la triangulació d'evidències. A continuació, es presenten les conclusions que s'han extret a partir d'aquest estudi vinculades a cadascuna de les preguntes de recerca.

I. ***Quin és l'impacte de la participació en grup en un projecte fonamentat en l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació i mediat per la tecnologia en l'aprenentatge individual dels futurs docents?***

La principal conclusió d'aquest estudi és que tots els alumnes han superat els seus coneixements previs sobre continguts científics i habilitats d'indagació després d'haver participat al projecte "Bec o no?" fonamentat en un model pedagògic que promou l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació. Per tant, per a aquests alumnes aprendre i conèixer s'ha convertit en un procés implícit a formar part d'una comunitat d'aprenentatge (Mason, 2007). L'alumnat ha transferit els aprenentatges coconstruïts de la dimensió intermental a la intramental (Mercer, 2013).

- L'heterogeneïtat de coneixements dels individus dels grups es redueix entre el Pretest i el Postest. El model pedagògic del projecte i la tecnologia han contribuït al canvi de cultura de grup de manera que els alumnes amb coneixements inicials baixos tenen l'oportunitat de mostrar-se i obrir-se al grup (Park et al., 2008). Els alumnes han participat en un diàleg igualitari en què els individus, conscients de la seva heterogeneïtat i del procés d'aprenentatge, han participat i, com a conseqüència, mobilitzat el pensament. D'aquesta manera, les diferències individuals no han estat

discriminatòries i els individus han transcendit les seves limitacions relatives a coneixements sobre continguts científics i habilitats d'indagació (Devolder i col·laboradors, 2012).

- Pensem que el model pedagògic pot potenciar la diversitat de coneixements des de la concepció d'aportar altres punts de vista per a ser discutits i valorats, i que poden haver activat processos de pensament divergent que autors com Baer (2014) consideren que és una habilitat que es vincula als processos creatius.
- El model pedagògic ha contribuït que els alumnes hagin conegut i experimentat una altra manera d'aprendre ciències, fet que ha promogut també un canvi de cultura que implica la millora de l'actitud cap a la ciència. D'aquesta manera, també s'està contribuïnt a generar en els alumnes actituds positives cap a l'aprenentatge i l'ensenyament de les ciències i a través de la metodologia de la indagació, que amb probabilitat repercutirà en les seves estratègies docents i la seva futura tasca com a professionals de l'educació.

II. ***Quina incidència té el treball en grup en el resultat d'avaluació del Projecte?***

- El model pedagògic fomenta l'aprenentatge dialògic amb èxit ja que el valor que ha afegit el pensament de grup al desenvolupament del Projecte, ha superat en tots els casos el potencial de coneixements previs dels individus del grup, inferit a partir del Pretest.
 - Els resultats que obtenen els grups al Projecte no depenen del nivell de coneixements inicials dels individus.
- Els resultats del Postest de cada individu no depenen del seu punt de partida de coneixements, sinó de la interiorització dels aprenentatges coconstruïts durant el Projecte.
- A partir de l'exploració d'un fragment del diàleg i del comportament del grup 4 s'ha identificat com: els membres del grup explicitaven els seus raonaments; construïen idees a partir de les idees dels altres; es posicionaven en els seus arguments i acceptaven els dels altres, fent evolucionar els seus punts de vista, i reflexionaven sobre el diàleg i el propòsit de la tasca. D'acord amb Hennessy i col·laboradors (2016) i Wegerif i col·laboradors (2016), aquestes són característiques de la qualitat i la complexitat que presenta un diàleg efectiu i productiu i exemplifiquen que la intervenció ha facilitat, en aquest grup, que es donés l'orientació intersubjectiva i l'interpensament (Littleton & Mercer, 2013).

PART 5- Conclusions

Finals

En aquest darrer apartat de tancament, presentem una síntesi de les conclusions dels tres estudis en què s'ha dividit el treball d'investigació. A continuació, es destinarà un apartat a concretar les contribucions del nostre treball a la recerca educativa. I en darrer lloc, exposarem les limitacions que considerem que té el nostre treball i proposarem les futures línies de recerca amb què pretenem eixamplar la investigació d'aquesta tesi doctoral.

1. Conclusions

Els propòsits principals de la investigació que es recull en aquesta tesi doctoral són dos. El primer, fonamentar teòricament el disseny d'un projecte de Ciències de la Terra en el marc pedagògic de l'aprenentatge dialògic per indagació per contribuir a la formació dels futurs docents de ciències per educar amb efectivitat en la indagació científica. El segon, estudiar l'impacte de la intervenció en la generació de significat científic i les habilitats d'indagació.

Per abordar aquests propòsits, d'una banda a la Part 2 s'ha construït un *Marc teòric* amb l'objectiu de fonamentar el model pedagògic del projecte "Bec o no?" i conceptualitzar el discurs reflexiu per interpretar els resultats de la implementació del projecte.

D'altra banda, a la Part 4 s'han presentat tres estudis per investigar l'impacte de la implementació del projecte.

Amb el primer estudi s'ha avaluat si hi ha hagut aprenentatge a partir de l'experiència educativa del projecte "Bec o no?" i, per tant, si amb el model pedagògic amb què es fonamenta aquest, els futurs docents es formen en l'aprenentatge de fets i conceptes científics i habilitats d'indagació.

Amb el segon estudi s'han distingit i concretat els aprenentatges relatius a continguts científics i habilitats d'indagació que els alumnes han interioritzat a partir de l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació i s'ha aprofundit en un estudi qualitatiu de la generació de significat científic.

Per últim, al tercer estudi s'han examinat els processos d'aprenentatge de grup i individual a partir del treball dialògic grupal. Per fer-ho, s'ha quantificat el valor que afegeix el pensament de grup a la resolució del repte del projecte "Bec o no?".

A continuació, s'exposen les conclusions d'aquesta tesi i les vinculen a les preguntes de recerca que s'han plantejat en els diferents estudis

El model pedagògic del projecte "Bec o no?"

Els elements clau que defineixen el model pedagògic són:

- La perspectiva sociocultural (Vygotsky, 1978) i l'enfocament dialògic de l'aprenentatge (Aubert et al., 2009; Wegerif, 2010).
- Les variables implicades en l'aprendre a aprendre junts: lideratge distribuït, compromís mutu, reflexió entre iguals i la reflexió al voltant del procés d'aprenentatge (Pifarré & Li, 2017).
- L'aprenentatge de les ciències basat en la indagació des de la visió discursivocognitiva (Simarro et al., 2013).
- L'establiment d'un repte sociocientífic significatiu de final obert.
- L'ús de la tecnologia 2.0, en aquest cas Metafora, com a artefacte mediador cultural.
- El rol del professor com a activador de l'aprenentatge.

El projecte “Bec o no?” promou l’adquisició de les competències sobre el coneixement del contingut científic

Pregunta 1 ESTUDI 1) Els alumnes aprenen continguts científics quan segueixen una metodologia basada en l’aprenentatge dialògic de les ciències per indagació amb l’ús de Metafora?

- Donada la diferència significativa entre els resultats del pretest i el postest, es demostra que les variables amb què s’ha definit el model pedagògic i que hem integrat al projecte “Bec o no?”, han contribuït que els alumnes aprenguin coneixements sobre el contingut científic (Alake-Tuenter et al., 2013), que comprèn tant la generació de significats científics com el desenvolupament de les habilitats d’indagació.
- Els alumnes han millorat el nivell de construcció de les seves explicacions (Hakkarainen, 2003) perquè han aplicat el coneixement i habilitats d’indagació que han après durant el projecte i, en definitiva, han desenvolupat el raonament sociocientífic (Romine et al., 2016). La demanda cognitiva inherent al desenvolupament d’aquestes habilitats és variable i contempla habilitats bàsiques, integrades i avançades que en aquest ordre van de menor a major demanda cognitiva (Wenning, 2005).

Tots els alumnes superen els seus coneixements previs relatius a les competències sobre el coneixement del contingut científic

Pregunta 3.1 ESTUDI 3) Quin és l’impacte individual d’haver participat en un projecte basat en l’aprenentatge dialògic de les ciències per indagació i mediat per la tecnologia?

La principal conclusió d’aquest estudi és que tots els alumnes han superat els seus coneixements previs sobre continguts científics i habilitats d’indagació després d’haver participat al projecte “Bec o no?” fonamentat en un model pedagògic que promou l’aprenentatge dialògic de les ciències per indagació. Per tant, per aquests alumnes aprendre i conèixer s’ha convertit en un procés implícit a formar part d’una comunitat d’aprenentatge (Mason, 2007). L’alumnat ha transferit els aprenentatges coconstruïts de la dimensió intermental a la intramental (Mercer, 2013).

- L’heterogeneïtat de coneixements dels individus dels grups es redueix entre el Pretest i el Postest. El model pedagògic del projecte i la tecnologia han contribuït al canvi de cultura de grup, de manera que els alumnes amb coneixements inicials baixos tenen l’oportunitat de mostrar-se i obrir-se al grup (Park et al., 2008). Els alumnes han participat en un diàleg igualitari en què els individus, conscients de la seva heterogeneïtat i del procés d’aprenentatge, han participat i, com a conseqüència, mobilitzat el pensament. D’aquesta manera, les diferències individuals no han estat discriminatòries i els individus han transcendit les seves limitacions relatives a coneixements sobre continguts científics i habilitats d’indagació (Devolder i col·laboradors, 2012).
 - Pensem que el model pedagògic pot potenciar la diversitat de coneixements des de la concepció d’aportar altres punts de vista per ser discutits i valorats, i que poden haver activat processos de pensament divergent que autors com Baer (2014) consideren una habilitat que es vincula als processos creatius.
- El model pedagògic ha contribuït que els alumnes hagin conegut i experimentat una altra manera d’aprendre ciències, fet que ha promogut també un canvi de cultura que implica la millora de l’actitud cap a la ciència. D’aquesta manera, també s’està contribuint a generar en els alumnes actituds positives cap a l’aprenentatge i l’ensenyament de les ciències i a través de la metodologia

de la indagació, que amb probabilitat repercutirà en les seves estratègies docents i la seva futura tasca com a professionals de l'educació.

El projecte “Bec o no?” promou l’aprenentatge de continguts científics i habilitats d’indagació

- D’entrada hem constatat que el punt de partida dels participats en aquest estudi és en tots els casos de baix nivell de coneixement d’ambdues variables.
- A partir de la comparació de les evolucions per cada ítem avaluat de la mitjana dels alumnes, hem mostrat que després de la intervenció han millorat tant en el coneixement sobre continguts com en habilitats d’indagació. Aquestes millores les atribuïm a l’aprenentatge promogut per les característiques educatives del model pedagògic desenvolupat al projecte “Bec o no?”. Aquestes característiques pedagògiques han permès als alumnes expandir, elaborar i aprofundir en el seu aprenentatge. Això pot haver estat donat per la naturalesa iterativa del projecte, que ha ofert un temps i un l’espai de dialògic (Wegerif, 2005) que han promogut el desenvolupament d’estratègies de pensament de grup i d’aprendre a aprendre junts.
- **Metafora** ha mediat l’aprenentatge a partir de l’eina de planificació i el llenguatge visual, que han facilitat la construcció dels continguts científics i l’aprenentatge de les habilitats d’indagació. Que les idees es puguin disposar en un mateix lloc, estiguin organitzades en forma de mapa visual i siguin disponibles per a tots els alumnes, possibilita que esdevinguin el focus d’atenció i que els alumnes es puguin fer una idea a simple vista de tot el que s’està fent. Aquestes esdevenen eines i estratègies específiques de suport a la construcció d’enllaços entre els continguts científics per part dels alumnes (Scott et al., 2011). En aquest sentit, les posades en comú en gran grup també han promocionat la continuïtat en el temps, que al seu torn afavoreix la construcció d’enllaços. Per tant destaquem, així com també apunten de Jong i col·laboradors (2014), que el paper de la tecnologia com a eina medidora, ha promogut amb èxit aquests aprenentatges.
- L’enfocament **dialògic** de l’aprenentatge ha facilitat l’aprenentatge integrat, en profunditat, organitzat i significatiu dels continguts científics i els individus han interioritzat els aprenentatges des del pla intermental (Mercer, 2013). En aquest sentit, Scott i col·laboradors (2011) afirmen que el diàleg entre alumnes i alumnes i professor és una manera molt poderosa de mantenir i generar la motivació de l’alumnat. Les seves aportacions individuals esdevenen part integrant del discurs i això fa que s’impliquin de manera significativa en els continguts.
- **El projecte “Bec o no?”** ha demostrat que la ciutat i el seu medi natural, que en el nostre cas ha estat el riu Segre, poden ser el centre de l’aprenentatge. Amb el nostre estudi demostrem que els alumnes poden desenvolupar exploracions, interpretacions, construir teories científiques i desenvolupar habilitats d’indagació d’ordre cognitiu superior al voltant d’un problema local i real (Liljeström et al., 2013). La definició de reptes que facin que els alumnes es plantegin la integració de ciència i societat, fan que s’impliquin i actuïn críticament i amb responsabilitat, fonamentant-ho en el coneixement científic que han après.

A continuació es presenten les conclusions que s’han extret a partir d’aquest estudi vinculades a cadascuna de les preguntes de recerca.

Pregunta 2.1 ESTUDI 2) Quins coneixements conceptuals han construït els alumnes amb el projecte i quines relacions han establert entre conceptes? (generació de significat científic)

- El 90% dels alumnes progressen notablement en la pregunta on s’avaluen els coneixements sobre continguts científics: defineixen amb profunditat els conceptes; organitzen i empaqueten les idees en conjunts relacionats; inclouen la dimensió social, i canvien conceptes que inicialment

comprenien erròniament. Els alumnes han evolucionat d'un coneixement basat en fets i detalls que no expliquen ni connecten, a un coneixement inferit de les explicacions basades en principis i teories de la ciència que reflecteixen una manera de procedir i construir el coneixement científic com els científics autèntics (Liljeström et al, 2013).

- El concepte clau que més incorporen els alumnes al postest són els paràmetres de potabilitat ja que són el criteri per donar resposta al primer repte científic plantejat al projecte "Bec o no?". Els alumnes han incorporat, als seus mapes conceptuals, estratègies de representació gràfica d'idees gràcies als recursos que han après a la plataforma Metafora. També incorporen la dimensió social i, per tant, adquireixen un pensament crític fonamentat per responsabilitzar-se de la gestió de l'aigua.
- Hem observat que els alumnes que menys conceptes clau aprenen, elaboren mapes conceptuals senzills i amb poca integració de les idees.
- Alguns alumnes que incorporen pocs continguts clau al mapa conceptual del postest, utilitzen les etapes del procés d'indagació amb què han construït el coneixement científic durant el projecte com a bastida i seqüència per construir el seu mapa conceptual i ordenar les idees. Els resultats dels estudis de Chabalengula i col·laboradors (2012), Shaveson (2005) i Hulshof i de Jong (2006) confirmen aquesta conclusió. Considerem que aquest fet esdevé una clara evidència de la vàlua del procés d'ensenyament-aprenentatge que promou el projecte "Bec o no?". En aquest sentit, com també han proposat Gobert i col·laboradors (2010), suggerim que les habilitats d'indagació estan al servei de l'aprenentatge dels continguts.

En definitiva, des del punt de vista de la formació del professorat, malgrat la manca de coneixement sobre continguts científics, els alumnes han après la manera com construir-los.

Pregunta 2.2 ESTUDI 2) Quines habilitats d'indagació han desenvolupat?

- S'ha evidenciat que l'increment de coneixements sobre els ítems que avalua la prova, i que atribuïm a l'aprenentatge, depèn d'aquells aspectes que focalitza el model pedagògic desenvolupat al projecte "Bec o no?".
- Els alumnes no assolixen aquelles habilitats d'indagació que al projecte "Bec o no?" no han treballat de forma explícita i, per tant, no han hagut de desenvolupar ells amb autonomia durant el projecte. Per tant, demostrem que un aprenentatge actiu promou la interiorització dels coneixements per part dels alumnes. Per tant, que la indagació que es planteja al projecte "Bec o no?" es defineixi en un punt intermedi entre oberta i guiada, ha facilitat que la majoria de les habilitats d'indagació puguin ser desenvolupades per part dels alumnes i assolides amb autonomia però des del guiatge i el suport tant de la professora com dels companys, com de les eines mediadores de suport a l'aprenentatge que incorpora la plataforma Metafora.
- Hem constatat que el punt de partida de l'alumnat és de coneixement d'algunes habilitats d'indagació pròpies de les primeres etapes del cicle d'indagació: la orientació i la conceptualització (Pedaste et al., 2015).
- Les habilitats d'indagació que més ha promocionat entre els alumnes aquest projecte, cobreixen totes les etapes del cicle d'indagació contemporani (Pedaste et al., 2015) i, per tant, els alumnes aprenen a desenvolupar un cicle d'indagació complet. Per a l'etapa d'orientació, l'ítem 3-Identificar variables i analitzar investigacions. Per a l'etapa de conceptualització, els ítems: 2-Formular hipòtesis, construir un model, analitzar investigacions i Sintetitzar explicacions hipotètiques complexes i 1- Identificació del problema a investigar. Per a l'etapa d'investigació, els ítems: 7- Analitzar investigacions, generar principis durant el procés d'inducció i analitzar i avaluar arguments científics, construir proves lògiques i 6-Generar principis durant el procés d'inducció i Analitzar i avaluar arguments científics, construir proves lògiques. Per últim per a les conclusions, l'ítem 8-Establir lleis empíriques basades en l'evidència i la lògica.

- Tant al pretest com al postest, els alumnes mostren conèixer habilitats d'indagació de variada demanda cognitiva i que segons la classificació de Wenning (2005) són del tipus bàsiques, integrades i avançades.

El valor que ha afegit el pensament de grup al desenvolupament del Projecte és positiu en tots els casos i els individus interioritzen els aprenentatges generats en grup

Pregunta 3.2 ESTUDI 3) Quin valor afegeix el pensament de grup al resultat d'avaluació del Projecte?

- El model pedagògic fomenta l'aprenentatge dialògic amb èxit ja que el valor que ha afegit el pensament de grup al desenvolupament del Projecte ha superat en tots els casos el potencial de coneixements previs dels individus del grup, inferit a partir del Pretest.
 - Els resultats que obtenen els grups al Projecte no depenen del nivell de coneixements inicials dels individus.
- Els resultats del Postest de cada individu no depenen del seu punt de partida de coneixements, sinó de la interiorització dels aprenentatges coconstruïts durant el Projecte.
- A partir de l'exploració d'un fragment del diàleg i del comportament del grup 4 s'ha identificat com: els membres del grup explicitaven els seus raonaments; construïen idees a partir de les idees dels altres; es posicionaven amb els seus arguments i acceptaven els dels altres, tot fent evolucionar els seus punts de vista, i reflexionaven sobre el diàleg i el propòsit de la tasca. D'acord amb Hennessy i col·laboradors (2016) i Wegerif i col·laboradors (2016) aquestes són característiques de la qualitat i la complexitat que presenta un diàleg productiu i proporcionen un exemple que sobre com la intervenció ha facilitat en aquest grup que es doni l'orientació intersubjectiva i l'interpensament (Littleton & Mercer, 2013) que facilita l'aprendre a aprendre junts.

2. Contribucions

Les principals aportacions d'aquesta tesi a la comunitat científica es poden distingir en: *i)* aportacions conceptuals i metodològiques del model pedagògic de l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació amb suport web 2.0 per a la formació inicial del professorat; *ii)* aportacions conceptuals i d'anàlisi de l'adquisició individual de les competències professionals dels docents sobre el coneixement del contingut científic; *iii)* aportacions conceptuals i d'anàlisi del pensament de grup i la interiorització individual d'aquest. A continuació, es descriuen aquestes tres contribucions.

i) Aportacions conceptuals i metodològiques del model pedagògic de l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació amb suport web 2.0 per a la formació inicial del professorat

- Conceptualització del model pedagògic de l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació. Junció entre la perspectiva dialògica de l'aprenentatge i la metodologia de l'ensenyament-aprenentatge de les ciències per indagació. El producte de síntesi i integració és la nostra proposta de cicle d'indagació i la caracterització dels processos i habilitats necessaris per assolir l'objectiu d'aprenentatge de cada etapa del cicle.
- Disseny d'un projecte fonamentat en l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació que contribueix a la formació inicial del professorat en les competències per educar amb efectivitat en la indagació científica. Posat que un escenari d'aprenentatge actiu es considera un dels elements més influents en el desenvolupament professional dels docents (Desimone, 2009) i que la manera

com la indagació s'aplica a l'aula depèn de com els docents comprenen la naturalesa de la ciència (Eick & Stewart, 2010), s'ha orientat el disseny d'un projecte educatiu per a la formació inicial del professorat. Es basa en el fet que els futurs docents puguin desenvolupar les competències professionals del perfil competencial per educar amb efectivitat en la indagació científica (Alake-Tuenter et al., 2013), aprendre continguts científics, reflexionar sobre la didàctica de la intervenció educativa i valorar la ciència i l'ensenyament de la ciència com a un coneixement imprescindible per al desenvolupament de les societats. Tenint en compte que des de la recerca educativa en l'àmbit del desenvolupament professional dels docents es proposa que aquests requereixen de temps per assolir competències per implementar la indagació (Gerard et al., 2011), els nostres resultats mostren que els futurs docents milloren tant en coneixements sobre continguts científics com en el desenvolupament d'habilitats d'indagació.

- Disseny d'un projecte amb suport de la tecnologia 2.0 que integra el model pedagògic de l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació. El disseny del "Projecte Bec o no?" incorpora el suport de la tecnologia 2.0 per contribuir al desenvolupament de les característiques del model pedagògic de l'ensenyament-aprenentatge dialògic de les ciències per indagació: establiment de l'espai dialògic (Wegerif, 2005), promoure els aspectes clau de l'aprendre a aprendre junts (Yang et al., 2011), el desenvolupament del cicle d'indagació, l'aprenentatge de les habilitats d'indagació, la generació de significats científics i la construcció d'enllaços entre aquests (Scott et al., 2011) per contribuir a la integració en un marc de relacions complexes.
- Revisió de la literatura sobre els entorns tecnològics d'aprenentatge que donen suport a la indagació i actualització dels exemples de la classificació de referència de Quintana i col·laboradors (2004).

ii) Aportacions conceptuals i d'anàlisi de l'adquisició individual de les competències professionals dels docents sobre el coneixement del contingut científic

- Revisió de la conceptualització de la generació del significat científic i la construcció d'enllaços entre conceptes i anàlisi de l'evolució del canvi conceptual a partir de l'estudi de les produccions individuals de mapes conceptuals de l'alumnat. En aquest sentit ens afegim als pocs estudis que fins al moment han examinat l'ús d'entorns virtuals per a la construcció col·laborativa de mapes conceptuals i el seus efectes en l'aprenentatge de grup i en la interacció (Wang, Cheng, Chen, Mercer & Kirschner, 2017).
- Revisió de la conceptualització de les habilitats d'indagació i classificació segons demanda cognitiva (Wenning, 2005) i conceptualització de l'anàlisi i estudi a partir de les respostes dels alumnes a una prova d'avaluació explícitament dissenyada per avaluar-ne el desenvolupament.

iii) Aportacions conceptuals i d'anàlisi del pensament de grup i la interiorització individual d'aquest

- Revisió conceptual dels processos d'aprendre a aprendre junts amb què es basa l'aprenentatge dialògic, des de l'evolució del desenvolupament de la cognició amb la hipòtesi del cervell social de Dunbar (1998), el desempaquetament de les variables clau implicades (Yang et al., 2013). Revisió de la conceptualització i anàlisi del grau de construcció d'explicacions fruit de la interacció col·laborativa (Hakkarainen et al., 2003).
- Revisió conceptual de la transferència del pensament de grup des de la dimensió intermental a la intramental (Mercer, 2013). Mesura del pensament de grup a partir de la proposta de Wegerif i col·laboradors (2016).

3. Limitacions i futures línies de recerca

Una vegada exposades les conclusions i contribucions de la nostra investigació, comentem a continuació les limitacions que des del nostre punt de vista identifiquem en aquest treball.

En primer lloc la nostra investigació es basa en l'estudi de cas de l'evolució de quaranta-set alumnes organitzats en onze grups que ha aportat informació exhaustiva de l'evolució individual fruit de la interacció col·laborativa en el desenvolupament del projecte "Bec o no?". De manera que els resultats que hem obtingut s'han de generalitzar amb cautela.

En segon lloc, hem centrat la nostra investigació en estudiar com el model pedagògic integrat al disseny del projecte "Bec o no?" contribuïa a la formació en les competències sobre el coneixement del contingut científic (CK). Considerem que en futures investigacions caldria estudiar el desenvolupament dels altres dos grups de competències que configuren el perfil competencial per educar amb efectivitat la indagació en ciències: les competències sobre el coneixement del contingut didàctic (PCK) i les competències actitudinals. Per això, d'una banda es proposa l'anàlisi estandarditzat i en profunditat de la tasca de reflexió de grup per conèixer la qualitat dels processos metacognitius que ha activat el projecte, tal com s'ha començat a fer amb el grup 4 a l'apartat iv del 5.1.1 de l'Estudi 3 (pàgina 266). D'altra banda, també es proposa estudiar de manera concreta quins han estat els elements amb què el projecte ha impactat en la pràctica educativa dels futurs docents de ciències. Es suggereix analitzar les programacions que van desenvolupar els alumnes per grups després de la reflexió sobre el projecte. A més, com s'ha fet en altres estudis (p. ex.: Aalderdem-Smeets et al., 2015), també es considera que seria interessant estudiar com els futurs docents apliquen aquestes programacions a l'aula.

En tercer lloc, com s'ha destacat durant l'Estudi 3, Wegerif i col·laboradors (2016) proposen que l'anàlisi del pensament de grup es realitzi en combinació amb l'anàlisi qualitatiu per aprofundir en l'estudi de les característiques del diàleg per comprendre com els alumnes s'involucren en la zona de desenvolupament col·lectiu (Mercer & Littleton, 2007). Tal com s'ha introduït, una breu exploració de la interacció a l'apartat 5.3. *Introducció a l'exploració de la interacció* (pàg. 282), considerem que en posteriors estudis seria interessant complementar l'estudi del pensament de grup i l'apropiació dels aprenentatges que han fet els individus amb un aprofundiment en l'anàlisi qualitatiu de la interacció i del llenguatge. És per això que proposem l'anàlisi de les diferències tant en les variables que caracteritzen el diàleg grupal com de comportament per distingir quines poden haver influït en el fet que, malgrat que l'efectivitat del pensament de grup afegeixi un valor positiu, l'aprenentatge s'hagi assolit en major o menor grau. Es suggereix l'ús de tècniques de reportatge concurrent com podrien ser entrevistes individuals per conèixer la interiorització que fa l'individu de la construcció conjunta de conceptes concrets o el desenvolupament d'habilitats d'indagació determinades. Per aquest estudi, proposem revisar els treballs que s'estan realitzant en aquesta línia de recerca des de la Universitat de Cambridge, per part d'autors com Henessy, Higham, Maine i Barrera i destaquem l'estudi de Henessy i col·laboradors (2016).

Però, malgrat les limitacions que hem descrit, considerem que aquesta tesi esdevé un exemple de bona pràctica en l'ús de l'aprenentatge dialògic de les ciències per indagació amb suport de la tecnologia 2.0 per a la formació del professorat de ciències en estratègies per educar en la indagació científica amb efectivitat i defensem que aquesta proposta es pugui integrar i expandir en els programes de formació del professorat.

PART 6- Referències

- Abell, S. K., & McDonald, J. T. (2004). Envisioning a curriculum of inquiry in the elementary school. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Abril, A. M., Ariza, M. R., Quesada, A., & García, F. J. (2014). Creencias del profesorado en ejercicio y en formación sobre el aprendizaje por investigación. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación de Las Ciencias*, 11(1), 22–33. <http://doi.org/10.498/15710>
- Akerson, V. L., & Volrich, M. C. (2006). Teaching nature of science explicitly in a first grade internship setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43,377e394
- Aktamis, H., Hilal, E. & Ozden, B. (2016). Effects of the Inquiry- Based Learning Method on Students ' Achievement , Science Process Skills and Attitudes towards Science : A Meta-Analysis Science, 13(4), 248–261. <http://doi.org/10.12973/tused.10183a>
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J. A., Tobi, H., & Mulder, M. (2013). Inquiry-based science teaching competence of primary school teachers: A Delphi study. *Teaching and Teacher Education*, 35, 13–24. <http://doi.org/10.1016/j.tate.2013.04.013>
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J. a., Tobi, H., Wals, A. E. J., Oosterheert, I., & Mulder, M. (2012). Inquiry-Based Science Education Competencies of Primary School Teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 693(January 2015), 1–32. <http://doi.org/10.1080/09500693.2012.669076>
- Albarracín Bort, C. (2014). La potencialidad del blog para el desarrollo del diálogo reflexivo: un estudio empírico en la Formación Profesional. (Tesi inédita de doctorat). Universitat de Lleida, Lleida.
- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103, 1–18. doi:10.1037/a0021017.
- Ametller, J., & Ryder, J. (2015). The impact of science curriculum content on students' subject choices in post-compulsory schooling. In *Understanding student participation and choice in science and technology education* (pp. 103-118). Springer Netherlands.
- Ametller, J., & Scott, P. (2010). Classroom discourse, dialogic teaching and teacher professional development in science education: A selective review of the literature. Retrieved April, 2017, from https://www.ntnu.no/wiki/download/attachments/8324755/Final+draft_lit_review_Leeds.doc
- Anastopoulou, S., Sharples, M., & Ainsworth, S. (2012). Creating personal meaning through technology-supported science inquiry learning across formal and informal settings. *International Journal of Science Education*, 34(2), 251–273.
- Anastopoulou, S., Sharples, M., Ainsworth, S., Crook, C., O'Malley, C., & Wright, M. (2011). Creating personal meaning through technology-supported science inquiry learning across formal and informal settings. *International Journal of Science Education*, 34, 251–273. doi:10.1080/09500693.2011.569958#. UmR7U3CsiSo
- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Anderson, L.W., Krathwohl, D.R., Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer, R.E., Pintrich, P.R., Raths, J., Wittrock, M.C. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Pearson, Allyn & Bacon.

- Anderson, R. D. (2002). Reforming Science Teaching: What Research says about Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1- 12
- Andorfer, G. & McCain, R. (1980). *Cosmos: a personal voyage. Episode 13: Who speaks for earth?* [DVD]. <http://www.pbs.org>
- Apollonia, S. (2010, June–July). Learners, not lurkers: Connecting conceptual and social networks in science education. Contribution to preconference workshop conducted at the International Conference of the Learning Sciences, Chicago, IL.
- Appleton, K. (2005). *Elementary science teacher education: International perspectives*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Arnold, J. (2012). Science Students' Classroom Discourse: Tasha's Umwelt. *Research in Science Education*, 42(2), 233–259. <http://doi.org/10.1007/s11165-010-9195-0>
- Arslan, A., Ogan Bekiroğlu, F., Süzük, E., & Gürel, C. (2014). Fizik laboratuvar derslerinin araştırma-sorgulama açısından incelenmesi ve öğretmen adaylarının görüşlerinin belirlenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 11(2), 3-37
- Asma, L., Van Der Molen, J. W., & van Aalderen-Smeets, S. (2011). Primary teachers' attitudes towards science and technology. In *Professional development for primary teachers in science and technology* (pp. 89-105). SensePublishers.
- Atman, C. J., Kilgore, D., & McKenna, A. (2008). Characterizing design learning: A mixed-methods study of engineering designers' use of language. *Journal of Engineering Education*, 97, 309–326.
- Aubert, A., Garcia, C., & Racionero, S. (2009). El aprendizaje dialógico. *Cultura y Educación*, 21(2), 129-139.
- Augustinova, M. (2008) Falsification cueing in collective reasoning: Example of the Wason selection task. *European Journal of Social Psychology*, 38, 770–785. doi:10.1002/ejsp.532
- Avilés, G. (2011). La metodología indagatoria: una mirada hacia el aprendizaje significativo desde Charpack y Vygotsky. *Intersedes*, (12)
- Avraamidou, L., & Zembal-Saul, C. (2010). In search of well-started beginning science teachers: Insights from two first-year elementary teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 661–686
- Azevedo R.&Hadwin A.F. (2005) Scaffolding self-regulated learning and metacognition – implications for the design of computer-based scaffolds. *Instructional Science* 33, 367– 379
- Badilla-Quintana, M.G., Cortada-Pujol, M., & Riera-Romaní, J. (2011). Internet navigation and information search strategies: how do children are influenced by their participation in an intensive ICT project. *International Journal of Technology and Design Education*. doi:10.1007/s10798-011-9158-4.
- Baer, J. (2014). *Creativity and divergent thinking: A task-specific approach*. Psychology Press.
- Bakhtin, M.M. (1981). *The Dialogic Imagination: four essays*. Austin: University of Texas Press.
- Bakhtin, M.M. (1986). *Speech Genres & Other Late Essays*. C. Emerson and m. Holquist, Editors, , The University of Texas Press, Austin (1986)
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29

- Banilower, E. R., Smith, P. S., Weiss, I., Malzahn, K. A., Campbell, K. M., & Weis, A. M. (2013). Report of the 2012 National survey of science and mathematics education. Chapel Hill, NC: Horizon Research, Inc.
- Barab S (2006) Design-based research: a methodological toolkit for the learning scientist. In: Sawyer K (ed) The handbook of the learning sciences. Cambridge University Press, Cambridge, pp 153–170
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1–14.
- Barron, B. (2003). When smart groups fail. *The journal of the learning sciences*, 12(3), 307-359.
- Barrow, L. H. (2006). A brief history of inquiry: from Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education* 17, 265-278.
- Bell, P. & Linn, M. C. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the Web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 797 – 817.
- Bell, P., & Davis, E. A. (2000). Designing Mildred: Scaffolding students' reflection and argumentation using a cognitive software guide. In B. Fishman & S. O'Connor-Divellbiss (Eds.), *Proceedings of ICLS 2000: International Conference for the Learning Sciences* (pp. 142–149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Bell, P., Davis, E. A., & Linn, M. C. (1995). The knowledge integration environment: Theory and design. In J. L. Schnase & E. L. Cunnius (Eds.), *Proceedings of the CSCL Conference '95* (pp. 14–21). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Bell, R., Gess-Newsome, J., & Luft, J. (2008). *Technology in the secondary science classroom*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Belousova, A. (2015). Development of a Personal Potential in Collaborative Thinking Activity. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 171, 987–994. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.217>
- Ben-horin, H., Pion, C., & Kali, Y. (2016). Designing Technology to Foster Socioscientific Reasoning by Promoting Internal Values of Learning, 1–8.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91, 347–370. doi:10.1002/sce.20186
- Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1987). An attainable version of high literacy: Approaches to teaching higher-order skills in reading and writing. *Curriculum Inquiry* 17, 9-30.
- Bertalanffy, L. V. (1968). *General Systems Theory: Foundations, Development, Applications* (revised edition). New York: George Braziller.
- Bhattacharayya, S., Volk, T., & Lumpe, A. (2009). The influence of an extensive inquiry-based field experience on pre-service elementary student teachers' science teaching beliefs. *Journal of Science Teacher Education*, 20, 199–218.
- BIE. (2012). The BIE Story. Retrieved January 31st from http://www.bie.org/about/the_bie_story
- Biemans, H., Wesselink, R., Gulikers, J., Schaafsma, S., Verstegen, J., & Mulder, M. (2009). Towards competence based VET: Dealing with the pitfalls. *Journal of Vocational Education and Training*, 61, 267–286.

- Bloom, B.S. (Ed.). Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., Krathwohl, D.R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. New York: David McKay Co Inc.
- Boaler, J. (1999). Participation, knowledge, and beliefs: A community perspective on mathematics learning. *Educational Studies in Mathematics*, 40(3), 259-281.
- Bodemer, D. & Dehler, J. (2011). Group awareness in CSCL environments. *Computers in Human Behaviour* 27, 1043-1045.
- Borgman, C. L., Abelson, H., Dirks, L., Johnson, R., Koedinger, K. R., Linn, M. C., ... & Smith, M. S. (2008). *Fostering learning in the networked world: The cyberlearning opportunity and challenge. A 21st century agenda for the National Science Foundation. Report of the NSF task force on cyberlearning.*
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school (expanded ed.)*. Washington, DC: National Academy Press.
- Briggs, R. O., Albrecht, C. C., Dean, D. R., Kolfshoten, G., de Vreede, G.-J., & Lukosch, S. (2009). A Seven-Layer Model of Collaboration: Separation of Concerns for Designers of Collaboration Systems. *Proc. Intl. Conf. on Information Systems (ICIS)*, Paper 26. Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/icis2009/26>
- Briggs, R. O., Vreede, G. J. de and Nunamaker, J. F. Jr. (2003). "Collaboration Engineering with ThinkLets to Pursue Sustained Success with Group Support Systems," *Journal of Management Information Systems* (19:4), pp. 31- 64.
- Brown, A. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions. *Journal of the Learning Sciences*, 2, 141–178.
- Brown, P. L., Abell, S. K., Demir, A., & Schmidt, F. J. (2006). College science teachers' views of classroom inquiry. *Science Education*, 90(5), 784–802
- Bruner, J. S. (1961). The art of discovery. *Harvard Educational Review*, 31, 21-32.
- Bruner, J. S. (1983). *Child's talk: Learning to use language*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Buder, J. (2011). Group awareness tools for learning: Current and future directions. *Computers in Human Behaviour* 27, 1114-1117.
- Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy: From purpose to practice*. Portsmouth, NH: Heinemann Press.
- Bybee, R. W. (2006). *Scientific Inquiry and Science Teaching*. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science. Implications for Teaching, Learning and Teacher Education*. (pp. 1-12). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCE 5e instructional model: Origins and effectiveness. A report for Office of Science Education National Institutes of Health. Recuperat de [http://science.education.nih.gov/houseofreps.nsf/b82d55fa138783c2852572c9004f5566/\\$FILE/Appendix?D.pdf](http://science.education.nih.gov/houseofreps.nsf/b82d55fa138783c2852572c9004f5566/$FILE/Appendix?D.pdf)*
- Cain, S. (2002). *Sciencing*. (4th ed). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Campbell, T., Zhang, D. & Neilson, D. (2011) Model based inquiry in the high school physics classroom: an exploratory study of implementation and outcomes. *Journal of Science Education Technoly*, 20(3), 258–269

- Cañas, A. J., Coffey, J. W., Carnot, M. J., Hoffman, R. R., Feltovich, J., & Novak, J. D. (2003). A Summary of Literature Pertaining to the Use of Concept Mapping Techniques and Technologies for Education and Performance Support, 1–108.
- Cañas, A. J., Novak, J. D. and Reiska, P. (2015) How good is my concept map? Am I a good cmapper? *Knowledge Management & E-Learning*, 7(1), 6–19
- Carey, S.: 1985, *Conceptual Change in Childhood*, MIT Press
- Carletta, Jean. (1996) Assessing agreement on classification tasks: The kappa statistic. *Computational Linguistics*, 22(2), pp. 249–254.
- Celik, K. & Cavas, B. (2012). Canlılarda Üreme, Büyüme ve Gelişme Ünitesinin Araştırmaya Dayalı Öğrenme Yöntemi ile İşlenmesinin Öğrencilerin Akademik Başarılarına, Bilimsel Süreç Becerilerine ve Fen ve Teknoloji Dersine Yönelik Tutumlarına Etkisi. *Ege Eğitim Dergisi*, (13)2, 50–75.
- Chabalengula, V. M., Mumba, F., & Mbewe, S. (2012). How pre-service teachers' understand and perform science process skills. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 8(3), 167-176.
- Chang, H. Y., & Linn, M. C. (2013). Scaffolding learning from molecular visualizations. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(7), 858–886. <http://doi.org/10.1002/tea.21089>
- Chatenier, E., Verstegen, J.A.A.M., Biemans, H.J.A., Mulder, M., & Omta, O.S.W.F. (2010). Identification of competencies for professionals in open innovation teams. *R&D Management*, 40, 271–280.
- Chen, N.S., Huang, R., Kinshuk, Li, Y., Sampson, D.G., eds. (2013). *Advanced Learning Technologies (ICALT)*, IEEE 13th International Conference on, Washington, IEEE, CPS (2013) 309–313
- Chen, Y., & Tsai, W. T. (2010) *Service-oriented computing and Web data management: From principles to development*. Dubuque, IA: Kendall Hunt.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175–218
- Clark, D. B., Touchman, S., Martinez-Garza, M., Ramirez-Marin, F., & Skjerping Drews, T. (2012). Bilingual language supports in online science inquiry environments. *Computers & Education*, 58, 1207–1224. doi:10.1016/j.compedu.2011.11.019
- Cole, M. (1991). Conclusion. In L. B. Resnick, J.M. Levine & S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition*. Washington, DC, USA
- Coll, C. & Martí, E. (2001). La educación escolar ante las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. En C. Coll, J. Palacios & A. Marchesi (Comps.), *Desarrollo psicológico y educación*. 2. Psicología de la educación escolar (pp. 623-655). Madrid: Alianza.
- Coll, C., Onrubia, J., & Mauri, T. (2007). Tecnología y prácticas pedagógicas: Las TIC como instrumentos de mediación de la actividad conjunta de profesores y estudiantes. *Anuario de Psicología/The UB Journal of psychology*, 38(3), 377–400.
- Conrad, F., Blair, J., & Tracy, E. (1999). Verbal reports are data! A theoretical approach to cognitive interviews. In *Proceedings of the Federal Committee on Statistical Methodology Research Conference, Tuesday B Sessions*. Arlington, VA, pp. 11-20.

- 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.
- Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: new roles of science teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916–937.
- Cress, U. (2008). The need for considering multilevel analysis in CSCL research: An appeal for the use of more advanced statistical methods. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 3(1), 69–84. doi:10.1007/s11412-007-9032-2
- Crook, C. (1994). *Computers and the collaborative experience of learning*. London: Routledge
- Daskolia, M., & Kynigos, C. (2012). Applying a Constructionist Frame to Learning about Sustainability. *Creative Education*, 3(26), 818–823. <http://doi.org/10.4236/ce.2012.326122>
- Davies, M., & Meissel, K. (2016). The use of Quality Talk to increase critical analytical speaking and writing of students in three secondary schools. *British Educational Research Journal*, 42(2), 342e365
- Davis, E. A. (2003a). Prompting middle school science students for productive reflection: Generic and directed prompts. *The Journal of the Learning Sciences*, 12, 91–142
- Davis, E. A., & Bell, P. (2001). Design principles for scaffolding students' reflection and argumentation in science. Paper presented at the American Educational Research Association conference, Seattle, WA.
- Davis, E. A., & Linn, M. C. (2000). Scaffolding students' knowledge integration: Prompts for reflection in KIE. *International Journal of Science Education*, 22, 819–837
- Davis, K. S. (2003). "Change is hard": What science teachers are telling us about reform and teacher learning of innovative practices. *Science Education*, 87(1), 3–30.
- Dawes, L., & Sams, C. (2004). *Developing the capacity to collaborate. Learning to collaborate: Collaborating to learn*. New York: Nova Science.
- De Bono, E. (1992). *Six thinking hats for schools: resource book for adult educators*. Perfection learning.
- De Bono, E. (2008). *Seis sombreros para pensar*. Barcelona. Paidós Iberica.
- De Jong, T. (2006). Scaffolds for scientific discovery learning. In J. Elen & R. E. Clark (Eds.), *Handling complexity in learning environments: Research and theory* (pp. 107–128). London: Elsevier Science Publishers.
- De Jong, T., Sotiriou, S., & Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*, 1(1), 3. <http://doi.org/10.1186/s40561-014-0003-6>
- De Jong, T., Weinberger, A., Girault, I., Kluge, A., Lazonder, A., Pedaste, M., Zacharia, Z. (2012). Using scenarios to design complex technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 60, 883–901. doi:10.1007/s11423-012-9258-1
- De Laat, M. F., Lally, V., Lipponen, L., & Simons, P. R. J. (2007). Online teaching in networked learning communities: A multi-method approach to studying the role of the teacher. *Instructional Science* 35(3), 257–286.
- Dede, C., & Richards, J. (2012). *Digital teaching platforms: Customizing classroom learning for each student*. New York, NY: Teachers College Press.

- Dehler, J., Bodemer, D., Buder, J. & Hesse, F. W. (2011). Guiding knowledge communication in CSCL via group knowledge awareness. *Computers in Human Behavior*, 27, 1068-1078
- Del Barrio, M., Guiral, A., Pifarré, M., Piqué, N. & Ros, L. (2017, en prensa). Crear conocimiento científico: Un proyecto de investigación sobre microorganismes. *Alambique Didáctica de la Ciencias Experimentales*. Ed. Graó.
- Demir, A., & Abell, S. K. (2010). Views of Inquiry: Mismatches Between Views of Science Education Faculty and Students of an Alternative Certification Program. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 716-741.
- Desimone, L. M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures. *Educational Researcher*, 38(3), 181-199. <http://doi.org/10.3102/0013189X08331140>
- Desimone, L.M., Smith, T. y Frisvold, D. (2007). Is NCLB increasing teacher quality for students in poverty? In A. Gamoran (Ed.), *Standards-based and the poverty gap: Lessons from No Child Left Behind* (pp. 89-119). Washington, DC: Brookings Institution Press.
- Deursen, A. J. A. M. (2010). *Internet skills. Vital assets in an information society*. Enschede, the Netherlands: University of Twente.
- Devolder A., van Braak J. & Tondeur J. (2010) Supporting self-regulation in computer-based learning environments: a systematic review of the impact of scaffolding. Paper presented at the European Conference of Educational Research (ECER), Helsinki, Finland
- Devolder, A., van Braak, J., & Tondeur, J. (2012). Supporting self-regulated learning in computer-based learning environments: Systematic review of effects of scaffolding in the domain of science education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28(6), 557-573. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00476.x>
- DeWever, B., VanKeer, H., Schellens, T., & Valcke, M. (2007). Applying multilevel modelling to content analysis data: Methodological issues in the study of role assignment in asynchronous discussion groups. *Learning and Instruction*, 17, 436-447. doi:10.1016/j.learninstruc.2007.04.001
- Dewey, J. (1938/1953). *Logic: The Theory of Inquiry*. New York: Holt.
- Dillon, J., & Jorde, D. (2013). The challenges for science education in Europe. *Science Omega Review Europe*, 2, 96-97
- Donnelly, D. F., Linn, M. C., & Ludvigsen, S. (2014). Impacts and Characteristics of Computer-Based Science Inquiry Learning Environments for Precollege Students. *Review of Educational Research*, 84(4), 572-608. <http://doi.org/10.3102/0034654314546954>
- Doppelt, Y. (2009). Assessing creative thinking in design-based learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 19, 55-65.
- Drachman, R. (2009). Small or medium-scale focused research project (STREP) proposal Learning to learn together : A visual language for social orchestration of educational activities METAFORA, 1-78.
- Dragon, T., Mavrikis, M. & McLaren, B. (2013) Deliverable 5.2. Report on analysis components. Metafora Project Public deliverable.

- Dragon, T., McLaren, B. M., Mavrikis, M., & Geraniou, E. (2012). Scaffolding collaborative learning opportunities: Integrating microworld use and argumentation. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 7138 LNCS, 18–30. http://doi.org/10.1007/978-3-642-28509-7_3
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994a). 'Constructing Scientific Knowledge in the Classroom', *Educational Researcher* 23(7), 5–12.
- Driver, R., Leach, J., Scott, P. & Wood-Robinson, C. (1994). 'Young People's Understanding of Science Concepts: Implications of Cross-Age Studies for Curriculum Planning', *Studies in Science Education* 24, 75–100.
- Dunbar, R. I. M. (1998). The social brain hypothesis. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 6(5), 178–190. [http://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6505\(1998\)6:5<178::AID-EVAN5>3.3.CO;2-P](http://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6505(1998)6:5<178::AID-EVAN5>3.3.CO;2-P)
- Dunbar, R. I. M. (2013). *Primate social systems*. Springer Science & Business Media.
- Dunbar, R. I., & Shultz, S. (2007). Understanding primate brain evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480), 649–658.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. E. (2008). *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation*. Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (Eds.) (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Ebenezer, J. V., and S. M. Haggerty. (1999). *Becoming a secondary school science teacher*. Columbus, OH: Merrill.
- Edelson, D. C., Gordin, D., & Pea, R. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *The Journal of the Learning Sciences*, 8, 391–450.
- Eder, D. (1981). Ability grouping as a self-fulfilling prophecy: A micro-analysis of teacher-student interaction. *Sociology of Education*, 54(3), 151–162
- Eick, C., Meadows, L., & Balkcom, R. (2005). Breaking into inquiry. *The Science Teacher*, (October), 49–53.
- Eick, C. J., & Stewart, B. (2010). Dispositions supporting elementary interns in the teaching of reform-based science materials. *Journal of Science Teacher Education*, 21, 783–800.
- Emereole, H. U. (2009). Learners' and Teachers' Conceptual understanding of Science Processes: The Case of Botswana. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 1033–1056.
- Ergul, R., Simsekli, Y., Calis, S., Ozdilek, Z. & Gocmencelebi, S. (2011). The effects of inquiry-based science teaching on elementary school students' science process skills and science attitudes. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy*, 5(1), 48–68
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis*. Cambridge, MA: MIT press.
- Eslinger, E., White, B., Frederiksen, J., & Brobst, J. (2008). Supporting inquiry processes with an interactive learning environment: Inquiry Island. *Journal of Science Education and Technology*, 17, 610–617. [doi:10.1007/s10956-008-9130-6](http://doi.org/10.1007/s10956-008-9130-6)

- Euler, M. (2011). Report about the survey on inquiry-based learning and teaching in the European partner countries. PRIMAS project. (4-7-2013) <http://www.primas-project.eu/servlet/supportBinaryFiles?referenceId=supportId=1247>
- European Comission. (2016). Horizon 2020- Work Programme 2016-2017. 16-Science with and for society.(p.26) Recuperat de http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2016_2017/main/h2020-wp1617-swfs_en.pdf
- European Commission. (2008). Flash Eurobarometer: Young people and science: Analytical report. Recuperat de http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_239_en.pdf
- Facione, P. A. (2000). "The disposition toward critical thinking: Its character, measurement, and relationship to critical thinking skill." *Informal Logic* 20(1).
- Fang, S.-C., Hsu, Y.-S., & Hsu, W. H. (2016). Effects of explicit and implicit prompts on students' inquiry practices in computer-supported learning environments in high school earth science. *International Journal of Science Education*, 38(11), 1699–1726. <http://doi.org/10.1080/09500693.2016.1213458>
- Farsakoglu, O.F., Sahin, C., Karsli, F., Akpinar, M. & Ultay, N. (2008). A study on awareness levels of prospective science teachers on science process skills in science education. *World Applied Sciences Journal*, 4, 174-182.16
- Firat, E. A., & Köksal, M. S. (2017). The relationship between use of Web 2.0 tools by prospective science teachers and their biotechnology literacy. *Computers in Human Behavior*, 70, 44-50.
- Fleiss, J. L. (1981) *Statistical methods for rates and proportions*. 2nd ed. (New York: John Wiley) pp. 38–46
- Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- Forbes, C.T., & Davis, E.A. (2010). Curriculum design for inquiry: Pre-service elementary teachers' mobilization and adaptation of science curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 820–839
- Fredriksson, U., & Hoskins, B. (2007). The development of learning to learn in a European context. *Curriculum Journal*, 18(2), 127–134.
- Freire, P. (1984) *Pedagogy of the Oppressed*, New York: Continuum Publishing Company.
- Frith, C., & Singer, T. (2008). The role of social cognition in decision making. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 363, 3875–3886. doi:10.1098/rstb.2008.0156
- Furberg, A., Kluge, A., & Ludvigsen, S. (2013). Student sensemaking with science diagrams in a computer-based setting. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 8, 41–64. doi:10.1007/s11412-013-9165-4
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012b). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329. <http://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- Furtak, E. M., Shavelson, R. J., Shemwell, J. T., & Figueroa, M. (2012). To teach or not to teach through inquiry: Is that the question? In S. M. Carver & J. Shrager (Eds.), *The journey from child to scientist: Integrating cognitive development and the education sciences* (pp. 227–244). Washington, DC: American Psychological Association.

- Garcia-Mila, M., Gilabert, S., & Rojo, N. (2011). El cambio estratégico en la adquisición del conocimiento: la metodología microgenética. *Infancia y Aprendizaje*, 34(2), 169-180.
- Garcia-Mila, M., Marti, E., Gilabert, S., & Castells, M. (2014). Fifth through eighth grade students' difficulties in constructing bar graphs: Data organization, data aggregation, and integration of a second variable. *Mathematical Thinking and Learning*, 16(3), 201-233.
- Garrett, R.M., Satterly, D.; Gil, D. y Martínez – Torregrosa, J. (1990) Turning exercises into problems: an experimental study with teachers in training. *International Journal of Science Education*, 12(1), 1-12.
- Garriga, N., Pigrau, T., & Sanmartí, N. (2012) Cap a una pràctica de projectes orientats a la modelització. *Ciències*, 21, 18-28
- Geier, R., Blumenfeld, P. C., Marx, R.W., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., & Clay-Chambers, J. (2008). Standardized test outcomes for students engaged in inquiry-based science curricula in the context of urban reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(8), 922–939.
- Gençturk, A. H. & Turkmen, L. (2007). İlköğretim 4. Sınıf Fen Bilgisi Dersinde Sorgulama Yöntemi ve Etkinliği Üzerine Bir Çalışma. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27(1), 277- 292.
- Gerard, L. F., Spitulnik, M., & Linn, M. C. (2010). Teacher use of evidence to customize inquiry science instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 1037–1063. doi:10.1002/tea.20367
- Gerard, L. F., Varma, K., Corliss, S. B., & Linn, M. C. (2011). Professional development for technology-enhanced inquiry science. *Review of Educational Research*, 81, 408–448. doi:10.3102/0034654311415121
- Giere, R. N. (1991), *Understanding Scientific Reasoning* (3rd ed.), New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Gillies, R. M. (2003). Structuring cooperative group work in classrooms. *International Journal of Educational Research*, 39(1), 35-49.
- Gillies, R. M. (2007). *Cooperative learning*. Los Angeles, CA: Sage Publications.
- Gillies, R. M., & Ashman, A. F. (1996). Teaching collaborative skills to primary school children in classroom-based work groups. *Learning and instruction*, 6(3), 187- 200.
- Gobert, J. D., Pallant, A. R., & Daniels, J. T. (2010). Unpacking inquiry skills from content knowledge in geoscience: a research and development study with implications for assessment design. *International Journal of Learning Technology*, 5(3), 310-334.
- Goldston, M. J., Dantzler, J., Day, J., & Webb, B. (2013). A psychometric approach to the development of a 5E lesson plan scoring instrument for inquiry-based teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 24, 527–551.
- Goleman, D. and B. D. Goleman (1995). *Emotional intelligence: Emotional intelligence*, New York: Bantam Books.
- Gonzalez, F. M. (1997). Evidence of rote learning of science by Spanish university students. *School Science and Mathematics*, 97(8), 419-428.
- Goodrum, D., Hackling, M., & Rennie, L. (2001). *The status and quality of teaching and learning of science in Australian schools (A research report for the department of education, training and youth affairs)*. Canberra: Commonwealth of Australia.

- Goodyear, P., Jones, C., Thompson, K. (2014). Computer-supported collaborative learning: Instructional approaches, group processes and educational designs. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 439-451). New York: Springer
- Gray, P. (2012). Inquiry-based Science Education in Europe: Setting the Horizon 2020 Agenda for Educational Research?. A 1st International PROFILES Conference: Inquiry-based Science Education in Europe: Reflections from the PROFILES Project: 2012 (p.9-13)
- Greenfield, T. (1996). Gender, ethnicity, science achievement, and attitudes. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(8), 259–275.
- Guiral, A. (2008). *Xiulets d'alarma i selecció parental: comunicació de perill en la colònia de marmota alpina de la Vall de la Llosa*. Manuscrit no publicat, Facultat de Biociències, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Guskey, T. R. (2000). *Evaluating professional development*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Habermas, J. (1991). *The theory of communicative action*, vol. 1. Cambridge: Polity Press.
- Hahn, J., J. Y Moon, and C. Zhang. 2008. Emergence of New Project Teams from Open Source Software Developer Networks: Impact of Prior Collaboration Ties. *Information Systems Research* 19, no. 3: 369.
- Hakkarainen, K. (1998). *Epistemology of scientific inquiry and computer-supported collaborative learning*. A dissertation thesis for the degree of Doctor of Philosophy. Department of Human Development and Applied Psychology, University of Toronto.
- Hakkarainen, K. (2003). Emergence of Progressive-Inquiry Culture in Computer-Supported Collaborative Learning. *Learning Environments Research*, 6(2), 199–220. <http://doi.org/10.1023/A:1024995120180>
- Hakkarainen, K. (2010). "Learning Communities in the Classroom." *International Handbook of Psychology in Education*: 177.
- Hammond, M. (2005). A review of recent papers on online discussion in teaching and learning in higher education. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 9(3).
- Hammond, M., & Wiriapinit, M. (2004). Carrying out research into learning through online discussion: Opportunities and difficulties. In S. Banks, P. Goodyear, C. Jones, V. Lally, D. McConnel, & C. Steeples (Eds.), *Proceedings of the fourth international conference on networked learning 2004* (pp. 4564–4662). Lancaster: Lancaster University
- Haney, J. J., Czerniak, C. M., & Lumpe, A. T. (1996). Teacher beliefs and intentions regarding the implementation of science education reform strands. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 971–993. doi: 10.1002/(SICI)1098-2736(199611)33:9<971::AID-TEA2>3.0.CO;2-S.
- Hansson, L., Redfors, A., & Rosberg, M. (2011). Students' socio-scientific reasoning in an astrobiological context during work with a digital learning environment. *Journal of Science Education and Technology*, 20, 388–402. doi:10.1007/s10956-010-9260-5
- Harris, C. J., Penuel, W. R., D'Angelo, C. M., DeBarger, A. H., Gallagher, L. P., Kennedy, C. A., 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. <http://doi.org/10.1002/tea.21263>

- Hattie, J. (2009) *Visible Learning, A synthesis of over 800 meta-Analyses relating to achievement*, (2nd. Edition), Routledge: New York.
- Hauslein, P.L., Good, R.G. y Cummins, C.L. (1992). Biology content cognitive structure: From science student to science teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(9), 939- 964.
- Hayes, A. F., & Krippendorff, K. (2007). Answering the call for a standard reliability measure for coding data. *Communication Methods and Measures*, 1(1), 77–89.
- Hennessy, S., Rojas-Drummond, S., Higham, R., Márquez, A. M., Maine, F., Ríos, R. M., ... & Barrera, M. J. (2016). Developing a coding scheme for analysing classroom dialogue across educational contexts. *Learning, Culture and Social Interaction*, 9, 16-44.
- Hernández, M.I., Couso, D. & Pintó, R. (2014) Analyzing Students' Learning Progressions Throughout a Teaching Sequence on Acoustic Properties of Materials with a Model-Based Inquiry Approach. *Journal of Science Education and Technology*. DOI 10.1007/s10956-014-9503-y
- Higgins, S., Wall, K., Baumfield, V., Hall, E., Leat, D. & Woolner, P. (2006). Learning to learn in schools phase 3 evaluation: Year two report. London: Campaign for Learning. <http://www.campaign-for-learning.org.uk/projects/L2L/The%20Project/phase3/year2.htm>
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning. *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107.
- Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17, 722–738. doi:10.1016/j.learninstruc.2007.09.013
- Hollander, E. P. (1978). *Leadership dynamics: A practical guide to effective relationships*. New York: Free Press.
- Holliday, W. G. (2004) A balanced approach to science inquiry teaching. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education*. (pp.201-217) Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Holubova, R. (2008). Effective teaching methods project-based learning in physics. *US-China Educational Review*, 5, 27–36.
- Howe, C. (2013). Scaffolding in context: Peer interaction and abstract learning. *Learning. Culture and Social Interaction*, 2(1), 3e10
- Hoz, R., Bowman, D. & Kozminsky, E. (2001). The differential effects of prior knowledge on learning: a study of two consecutive courses in earth sciences. *Instructional Science*, 29(187-211).
- Huang, T.-C., Huang, Y.-M., & Yu, F.-Y. (2011). Cooperative weblog learning in higher education: its facilitating effects on social interaction, time lag, and cognitive load. *Educational Technology & Society*, 14(1), 95–106.
- Hulshof, C.D. and de Jong, T. (2006) 'Using just-in-time information to support scientific discovery learning about geometrical optics in a computer-based simulation', *Interactive Learning Environments*, Vol. 14, pp.79–94.
- Hunter, A., Laursen, S. L., & Seymour, E. (2007). Becoming a scientist: The role of undergraduate research in students' cognitive, personal, and professional development. *Science Education*, 91(1), 36–74. <http://doi.org/10.1002/sce>

- Inaltekin, T., Akçay, H. (2012). Fen ve Teknoloji Öğretmenliği Adaylarının Sorgulamaya Dayalı Fen Öğretimi Öz Yeterliliklerinin İncelenmesi. Address: <http://kongre.nigde.edu.tr/> date: 29.11.2012
- Irgang T., Sattes N., Pfahler K., Lingnau A., Harrer A. (2013) Reflektionsunterstützung im Metafora System durch eingebettete Learning Analytics Werkzeuge. Accepted to the Workshop Learning Analytics at the DeLFI 2013, Bremen, Germany.
- Irgang, K., & Irgang, T. (2014). Visual Language Plans-Formalization of a Pedagogical Learnflow Modeling Language. In *PNSE@ Petri Nets* (pp. 181-200).
- Jarodzka, H., Scheiter, K., Gerjets, P., & Van Gog, T. (2010). In the eyes of the beholder: How experts and novices interpret dynamic stimuli. *Learning and Instruction*, 20(2), 146-154.
- Jarvis, T., & Pell, A. (2004). Primary teachers' changing attitudes and cognition during a two-year science in-service program and their effect on pupils. *International Journal of Science Education*, 26, 1787–1811. doi:10.1080/0950069042000243763
- Jerison, H. J. (1975). Evolution of the brain and intelligence. *Curr. Anthropol*, 16(3), 403-26.
- Jiang, L., Elen, J. & Clarebout, G. (2009). The relationships between learner variables, tool- usage behaviour and performance. *Computers in Human Behavior* 25, 501-509.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2011) Las prácticas científicas en la investigación y en la clase de ciencias. Ponencia plenaria de los XXV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales de APICE. Santiago de Compostela. Disponible on-line en: <http://www.apicede.com/sites/default/files/XXV%20EDCE.pdf>
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1990). Cooperative learning and achievement. En S. Sharan (Eds). *Cooperative learning: Theory and research*. Praeger Publishers
- Johnson, L. F. & Adams, S., (2011). *Challenge-Based Learning: The report from the Implementation project*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Jové, R. (2016). Anàlisi de les interaccions dialògiques entre docent i alumnes d'educació Primària per al desenvolupament de processos d'aprenentatge col·laboratiu en una Wiki. (Tesi inédita de doctorat). Universitat de Lleida, Lleida.
- Kaldi, S., Filippatou, D., & Govaris, C. (2011). Project-based learning in primary schools: Effects on pupils' learning and attitudes. *Education 3–13: International Journal of Primary, Elementary and Early Years Education*, 39, 35–47
- Kapur, M., & Kinzer, C. K. (2009). Productive failure in CSCL groups. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 4(1), 21–46.
- Kärkkäinen, S., Keinonen, T., Kukkonen, J., Hurri, A., & Vesala, P. (2009). What is the greenhouse effect?: Fifth graders' ideas. *The International Journal of Learning*, 16, 415–429.
- Kauffman, D. (2004). Self-regulated learning in Web-based environments: Instructional tools designed to facilitate self-regulated learning. *Journal of Educating Computing Research*, 30, 139-162.
- Kaufman, J. A., Hladik, C. M., & Pasquet, P. (2003). On the expensive-tissue hypothesis: independent support from highly encephalized fish. *Current Anthropology*, 44(5), 705-707.
- Kelly, G. & Duschl, R. (2002). Toward a research agenda for epistemological studies in science education. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, LA.

- Kempton, J. (2013). *To teach, to learn: More effective continuous professional development for teachers*. London: CentreForum
- Keys, C. W., & Bryan, L. A. (2001). Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. *Journal of research in science teaching*, 38(6), 631-645.
- Khan, S. (2007) Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, 91, 877-905
- Kilpatrick, W. H. (1918). The Project Method. *Teachers College Record* (New York), vol. XIX, no. 4 (September).
- Kim, M. C., Hannafin, M. J., & Bryan, L. A. (2007). Technology-enhanced inquiry tools in science education: an emerging pedagogical framework for classroom practice. *Science Education*, 91, 1010-1030.
- Kim, M., & Tan, A. L. (2011). Rethinking difficulties of teaching inquiry-based practical work: stories from elementary pre-service teachers. *International Journal of Science Education*, 33, 465-486.
- Kimmerle, J. & Cress, U. (2009). Visualization of group members' participation. *Social Sciences Computer Review* 27(2), 243-261.
- Kinchin, I.M., Hay, D.B. & Adams, A. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*, 42:1, 43-57
- King, A. (2007). Scripting collaborative learning processes: A cognitive perspective. In *Scripting computer-supported collaborative learning* (pp. 13-37). Springer US.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75-86. doi:10.1207/s15326985ep4102_1
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-55
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15(10), 661-667
- Kolb B, Wishaw LO (1996) *Fundamentals of Human Neuropsychology*. San Francisco: Free- man.
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., et al. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design into practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 12, 495-548
- Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M. J. P., & Paas, F, (2010). Attention guidance in learning from complex animation: seeing is understanding? *Learning and Instruction*, 20(2), 111-122.
- Koponen, I.T. (2007) Models and modelling in physics education: a critical re-analysis of philosophical underpinnings and suggestions for revisions. *Science Education*, 16, 751-773
- Kounios, J., & Beeman, M. (2015). *The eureka Factor: Aha moments, creative insight, and the brain*. Random House.
- Kovalainen, M., & Kumpulainen, K. (2005). The discursive practice of participation in an elementary classroom community. *Instructional Science*, 33(3), 213-250.
- Krajcik, J., & Blumenfeld, P. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 317-333). Cambridge: Cambridge University Press.

- Kreijns, K., Kirschner, P. A., Jochems, W. (2003). Identifying the pitfalls for social interaction in computer-supported collaborative learning environments: a review of research. *Computers in human behaviour* 19, 335-353.
- Kuhlemeier, H., & Hemker, B. (2007). The impact of computer use at home on students' Internet skills. *Computers & Education*, 49(2), 460-480
- Kuhn, D. (2005). *Education for thinking*. Harvard University Press.
- Kuiper, E., Volman, M., & Terwel, J. (2009). Developing Web literacy in collaborative inquiry activities. *Computers & Education*, 52(3), 668-680.
- Kumpulainen, K., & Rajala, A. (2017). Dialogic teaching and students' discursive identity negotiation in the learning of science. *Learning and Instruction*, 48, 23-31.
- Kynigos, C., & Moustaki, F. (2009). On-line discussions about emerging mathematical.
- Kynigos, C. (2004). A "Black-and-White Box" Approach to User Empowerment with Component Computing. *Interactive Learning Environments*, 12(1-2), 27-71.
- Kyza, E. A., Constantinou, C. P., & Spanoudis, G. (2011). Sixth graders' co-construction of explanations of a disturbance in an ecosystem: Exploring relationships between grouping, reflective scaffolding, and evidence-based explanations. *International Journal of Science Education*, 33, 2489-2525. doi:10.1080/09500693.2010.550951
- Laal, M., & Ghodsi, S. M. (2012). Benefits of collaborative learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 31, 486-490. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.091>
- Laevers, F. (2011). Werkzame bestanddelen van een krachtige leeromgeving voor techniek [Active constituents of a powerful learning environment for technology]. In F. Laevers, & L. Heylen (Red.), *Passie voor wetenschap en techniek. Onderzoekend en ontwerpnd leren in de basisschool* [Passion for science and technology. Inquiry and design learning in primary school] (pp. 44-64). Averbode: CEGO.
- Lakkala, M. (2010). How to design educational settings to promote collaborative inquiry: Pedagogical infrastructures for technology-enhanced progressive inquiry. *Studies in Psychology* 66: 2010. Recuperat de <https://goo.gl/elEvKp>
- Landis, J.R. and Koch, G.G. (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33, 159-74.
- Larochelle, M., Bednarz, N., & Garrison, J. (1998). *Constructivism and education*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Latour, B. (1990). Drawing things together. In M. Lynch & S. Woolgar (Eds.), *Representation in scientific practice*. Cambridge: MIT Press.
- Lawson, A. (1995). *Science Teaching and the Development of Thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co.
- Lázaro, M., Marcos, E., & Vegas, S. (2006). Experiencias en integración de métodos cualitativos y cuantitativos. En José Riquelme & Pere Botella (Eds). *XV Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos JISBD*. Barcelona: CIMNE. Recuperado a partir de http://www.grise.upm.es/docs/jisbd_experiencias_en_integracion.pdf
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, (1962), 1-38. <http://doi.org/10.3102/0034654315627366>

- Leach, J., & Scott, P. (2003). Individual and Sociocultural Views of Learning in Science Education. *Science & Education*, 12(1), 91–113. <http://doi.org/10.1023/A:1022665519862>
- Leach, J., Ametller, J., Hind, A., Lewis, J., & Scott, P. (2005). Designing and evaluating short science teaching sequences: improving student learning. In *Research and the quality of science education* (pp. 209-220). Springer Netherlands.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. & Wood-Robinson, C. (1996). 'Children's Ideas about Ecology 3: Ideas about the Cycling of Matter found in Children aged 5–16', *International Journal of Science Education* 18(2), 129–142
- Lee, H. S., Linn, M. C., Varma, K., & Liu, O. L. (2010). How do technology-enhanced inquiry science units impact classroom learning? *Journal of Research in Science Teaching*, 47(1), 71–90. doi:10.1002/Tea.20304
- Lee, O., Lewis, S., Adamson, K., Maerten-Rivera, J., & Secada, W.G. (2007). Urban elementary school teachers' knowledge and practices in teaching science to English language learners. *Science Education*, 92, 733–758.
- Lehrer, R., & Schauble, L., (2005). Developing modeling and argument in the elementary grades. In T.A. Rombert, T.P. Carpenter, and F. Dremock (Eds.), *Understanding mathematics and science matters*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lehrer, R., Schauble, L. & Lucas, D. (2008) Supporting development of the epistemology of inquiry. *Cognitive*
- Lemke, J. L. (2001). Articulating communities: Sociocultural perspectives on science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 296–316. [http://doi.org/10.1002/1098-2736\(200103\)38:3<296::AID-TEA1007>3.0.CO;2-R](http://doi.org/10.1002/1098-2736(200103)38:3<296::AID-TEA1007>3.0.CO;2-R)
- Leont'ev, A. N. (1981). *Problems of the development of mind*. Moscow: Progress Publishers.
- Leseman, P. P. M., Rollenberg, L., & Gebhardt, E. (2000). *Co-construction in kindergartners' free play: Effects of social, individual and didactic factors. Social interaction in learning and instruction: The meaning of discourse for the construction of knowledge*. Amsterdam, Netherlands: Pergamon/Elsevier Science Inc.
- Levinson, S. C. (2006). On the human "interaction engine." In N. J. Enfield, & S. C. Levinson (Eds.), *Roots of human sociality: Culture, cognition and interaction* (pp. 39–69). Oxford, UK: Berg.
- Li, Y., Anderson, R. C., Nguyen-Jahiel, K., Dong, T., Archodidou, A., Kim, I., et al. (2007). Emergent leadership in children's discussion groups. *Cognition and Instruction*, 25(1), 75–111.
- Liljeström, A., Enkenberg, J., & Pöllänen, S. (2013). Making learning whole: An instructional approach for mediating the practices of authentic science inquiries. *Cultural Studies of Science Education*, 8, 51–86
- Lin, H., Hong, Z., & Cheng, Y.Y. (2009). The interplay of the classroom learning environment and inquiry-based activities. *International Journal of Science Education*, 31, 1013–1024.
- Lin, T.-C., Hsu, Y.-S., Lin, S.-S., Changlai, M.-L., Yang, K.-Y., & Lai, T.-L. (2012). A Review of Empirical Evidence on Scaffolding for Science Education. *International journal of Science and Mathematics Education*, 10, 437-455.
- Linn, M. (2000). Designing the knowledge integration environment. *International Journal of Science Education*, 22(8), 781 – 796.

- Linn, M. C., & Bat-Sheva, E. (2011). *Science Learning and Instruction: Taking Advantage of Technology to Promote Knowledge Integration*. New York: Routledge.
- Linn, M. C., & Hsi, S. (2000). *Computers, teachers, peers: Science learning partners*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Linn, M. C., Bell, P., & Davis, E. A. (2004). Specific design principles: Elaborating the scaffolded knowledge integration framework. In M. C. Linn, E. A. Davis, & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 315–339). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (2004). *Internet environments for science education*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Linn, M. C., Davis, E. A., & Eylon, B.-S. (2004). The scaffolded knowledge integration framework for instruction. In M. C. Linn, E. A. Davis, & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 47–72). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Linn, M. C., Lee, H. S., Tinker, R., Husic, F., & Chiu, J. L. (2006). Teaching and assessing knowledge integration in science. *Science*, 313, 1049–1050. doi:10.1126/science.1131408
- Linn, M., & Eylon, B.-S. (2011). *Science learning and instruction: Taking advantage of technology to promote knowledge integration*. New York, NY: Routledge.
- Littleton, K., & Mercer, N. (2013). *Interthinking: Putting talk to work*. Abingdon, UK: Routledge.
- Liu, O., Lee, H., & Linn, M. (2010). An investigation of teacher impact on student inquiry science performance using a hierarchical linear model. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 807–819. doi:10.1002/tea.20372
- Llewellyn, D. (2002). *Inquire Within* (Thousand Oaks, CA: Corwin Press).
- Loll, F., Pinkwart, N., Scheuer, O., & McLaren, B. M. (2012). How tough should it be? Simplifying the development of argumentation systems using a configurable platform. *Educational technologies for teaching argumentation skills*, 169-197.
- Lotter, C., Harwood, W. S. & Bonner, J. J. (2007). The influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 1318-1347
- Luera, G. R., Moyer, R., & Everett, S. (2005). What type and level of science content knowledge of elementary education students affect their ability to construct an inquiry-based science lesson? *Journal of Elementary Science Education*, 17, 12e25
- Lumpe, A., Czerniak, C., Haney, J. y Beltyukova, S. (2012). Beliefs about Teaching Science: The relationship between elementary teachers' participation in professional development and student achievement. *International Journal of Science Education*, 34(2), 153- 166.
- Makitalo-Siegl, K., Kohnle, C., & Fischer, F. (2011). Computer-supported collaborative inquiry learning and classroom scripts: Effects on help-seeking processes and learning outcomes. *Learning and Instruction*, 21, 257–266. doi:10.1016/j.learninstruc.2010.07.001 *Manlove,
- Martin, D. J. (1994). 'Concept mapping as an aid to lesson planning: a longitudinal study', *Journal of Elementary Science Education*, 6, 2, 11–30.
- Martos, E., & García, A. E. M. (2014). Artefactos culturales y alfabetización en la era digital: discusiones conceptuales y praxis educativa. *Teoría de la Educación; Revista Interuniversitaria*, 26(1), 119.

- Mason, L. (2007). Introduction: Bridging the cognitive and sociocultural approaches in research on conceptual change: Is it feasible? *Educational Psychologist*, 42, 1–7.
- Matthews, M. (2000). 'Editorial', *Science and Education* 9, 491–505.
- Matusov, E. (2001). Intersubjectivity as a way of informing teaching design for a community of learners classroom. *Teaching and teacher education*, 17(4), 383-402.
- Mavrikis, M., Geraniou, E., Gutierrez-Santos, S. & Pearce, D. (2009) Broadening the sense of dynamic a MW to support students' mathematical generalization. *ZDM - The International Journal on Mathematics Education*, 41(4), 493-503
- Mbewe, S., Chabalengula, V. M. & Mumba, F. (2010). Pre- service teachers' familiarity, interest and conceptual understanding of science process skills. *Problems of Education in the 21st Century*, 22(22): 76-86.
- McElhane, K. W., & Linn, M. C. (2011). Investigations of a complex, realistic task: Intentional, unsystematic, and exhaustive experimenters. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 745–770. doi:10.1002/tea.20423
- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa*. Madrid: Pearson Educación.
- Mercer, N. (1995). *The guided construction of knowledge: Talk amongst teachers and learners*. Bristol, UK: Multilingual Matters.
- Mercer, N. (2000). *Words and minds: How we use language to think together*. Psychology Press
- Mercer, N. (2008). The seeds of time: Why classroom dialogue needs a temporal analysis. *Journal of the Learning Sciences*, 17(1), 33–59
- Mercer, N. (2013). The Social Brain, Language, and Goal-Directed Collective Thinking: A Social Conception of Cognition and Its Implications for Understanding How We Think, Teach, and Learn. *Educational Psychologist*, 48(3), 148–168. <http://doi.org/10.1080/00461520.2013.804394>
- Mercer, N. & Littleton, K. (2007). *Dialogue and the development of children's thinking. A sociocultural approach*. Routledge: Oxon.
- Mercer, N., & Howe, C. (2012). Explaining the dialogic processes of teaching and learning: The value and potential of sociocultural theory. *Learning, Culture and Social Interaction*, 1(1), 12-21.
- Mercer, N., Dawes, L., Wegerif, R., & Sams, C. (2004). Reasoning as a scientist: Ways of helping children to use language to learn science. *British Educational Research Journal*, 30(3), 359-377
- Mercer, N., Wegerif, R., & Dawes, L. (1999). Children's talk and the development of reasoning in the classroom. *British Educational Research Journal*, 25(1), 95-111.
- Metcalf, S. J., Krajcik, J., & Soloway, E. (2000). Model-It: A design retrospective. In M. J. Jacobson & R. B. Kozma (Eds.), *Innovations in science and mathematics education* (pp. 77–115). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Metz, K.E. (1995). Reassessment of developmental constraints on children's science instruction. *Review of Educational Research*, 65, 93-127.
- Metz, K.E. (2004). Children's understanding of scientific inquiry: Their conceptualization of uncertainty in investigations of their own design. *Cognition and Instruction*, 22(2), 219-290.

- Meyer, X., & Crawford, B. A. (2011). Teaching science as a cultural way of knowing: Merging authentic inquiry, nature of science, and multicultural strategies. *Cultural Studies of Science Education*, 6, 525–547.
- Michaels, S., O'Connor, C., & Resnick, L. B. (2008). Deliberative discourse idealized and realized: Accountable talk in the classroom and in civic life. *Studies in philosophy and education*, 27(4), 283e297.
- Millar, R., Lubben, F., Gott, R., & Duggan, S. (2006). Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education*, 9(2), 207-248
- Ministeri d'Educació i Ciència (2007) Reial Decret pel que s'estableix l'ordenació dels ensenyaments universitaris oficials, BOE §1393.
- Minner, D. D., Levy, A. J. & Century, J. R. (2004). Describing Inquiry Instruction in Current Research: A Challenge for Synthesis. Paper presented at the National Association of Research in Science Teaching Annual Conference, Vancouver, B. C.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction-What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496.
- Mislevy, R.J., Chudowsky, N., Draney, K., Fried, R., Gaffney, T. and Haertel, G. (2002) Design Patterns for Assessing Science Inquiry, Unpublished manuscript, Washington, DC.
- Mislevy, R.J., Chudowsky, N., Draney, K., Fried, R., Gaffney, T., Haertel, G., Hafter, A., Hamel, L., Kennedy, C., Long, K., Morrison, A.L., Murphy, R., Pena, P., Quellmalz, E., Rosenquist, A., Songer, N., Schank, P., Wenk, A. and Wilson, M. (2003) 'Design patterns for assessing science inquiry', PADI technical report 1, Center for Technology in Learning, SRI International, Menlo Park, CA.
- Moore, E. B., Chamberlain, J. M., Parson, R., & Perkins, K. K. (2014). PhET interactive simulations: transformative tools for teaching chemistry. *Journal of chemical education*, 91(8), 1191-1197.
- Mukamel, R., Ekstrom, A., Kaplan, J., Iacoboni, M., & Fried, I. (2010). Single-neuron responses in humans during execution and observation of actions. *Current Biology*, 20, 750–756. doi:10.1016/j.cub.2010.02.045
- Mulder, M., Weigel, T., & Collins, K. (2006). The concept of competence in the development of vocational education and training in selected EU member states. A critical analysis. *Journal of Vocational Education and Training*, 59, 65–85.
- Mulder, Y., Lazonder, A., De Jong, T., Anjewierden, A., & Bollen, L. (2012). Validating and optimizing the effects of model progression in simulation-based inquiry learning. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 722–729. doi:10.1007/s10956-011-9360-x
- Muller-Mirza, N., & Perret-Clermont, A-N. (2009). *Argumentation and education*. New York, NY: Springer. doi:10.1007/978-0-387-98125-3
- Muukkonen, H., Lakkala, M., & Hakkarainen, K. (2009). Technology-enhanced progressive inquiry in higher education. In M. Khosrow-Pour (Ed.), *Encyclopedia of information science and technology I-V* (2nd ed., pp. 3714e3720). Hershey, PA: Information Science Reference.

- National Science Foundation (2000), in *Foundations: Inquiry: Thoughts, Views, and Strategies for the K-5 Classroom* (NSF, Arlington, VA, 2000), vol. 2, pp. 1-5. Recuperat de January 31st 2012 from <http://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf99148/pdf/nsf99148.pdf>
- National Science Foundation (NSF). (2008). *Fostering learning in the networked world: The cyberlearning opportunity and challenge (A 21st century agenda for the National Science Foundation)*. Arlington, VA: Author.
- Newton, D. P., & Newton, L. D. (2000). Do teachers support causal understanding through their discourse when teaching primary science? *British Educational Research Journal*, 26(5), 599–613.
- NGSS Lead States (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: TheNationalAcademies Press.
- Nicolaidou, I., Kyza, E. A., Terzian, F., Hadjichambis, A., & Kafouris, D. (2011). A framework for scaffolding students' assessment of the credibility of evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 711–744. doi:10.1002/tea.20420
- Nieswandt, M., & Shanahan, M. C. (2008). "I just want the credit!": Perceived instrumentality as the main characteristic of boys' motivation in a grade 11 science course. *Research in Science Education*, 38(1), 3–29. doi:10.1007/s11165-007-9037-x
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- NRC (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. National Research Council. Washington, DC: National Academy Press. Available <http://www.nap.edu/books/0309064767/html/>
- NRC (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NRC. (1996). *The National Science Education Standards*. Washington D.C.: National Academy Press.
- NRC. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Research Council.
- NRC. (2015). *Guide to implementing the next generation science standards*. Washington, DC: TheNationalAcademies Press.
- OECD (2006). *Policy report- Evolution of students interest in science and technology studies*. Global Science Forum.
- Ogborn, J. (2012). Curriculum Development in Physics: Not Quite So Fast! *Scientia in Education*, 3(2), 3-15.
- Onrubia, J., Colomina, R., & Engel, A. (2008). Los entornos virtuales de aprendizaje basados en el trabajo en grupo y el aprendizaje colaborativo. *Psicología de la educación virtual*. Madrid: Morata, 233-252.246
- Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflexions*. Nuffield Foundation.
- Ostlund, K. L. (1992). *Science Process Skills: Assessing Hands-On Student Performance*, New York: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

- Overdijk, M., van Diggelen, W., Kirschner, P. A., & Baker, M. (2012). Connecting agents and artifacts in CSCL: Towards a rationale of mutual shaping. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7(2), 193–210. <http://doi.org/10.1007/s11412-012-9143-2>
- Ozdemir, O. & Isik, H. (2015). Effect of Inquiry-Based Science Activities on Prospective Elementary Teachers' Use of Science Process Skills and Inquiry Strategies. *Journal of Turkish Science Education*, 12(1).
- Palmer, D. H. (2002). Factors contributing to attitude exchange amongst preservice elementary teachers. *Science Education*, 86, 122–138. doi:10.1002/sce.10007
- Park, H., Khan, S., & Petrina, S. (2008). ICT in science education: A quasi-experimental study of achievement, attitudes toward science, and career aspirations of Korean middle school students. *International Journal of Science Education*, 31, 1277–1277. doi:10.1080/09500690802287965
- Pathak, S. A., Kim, B., Jacobson, M. J., & Zhang, B. H. (2011). Learning the physics of electricity: A qualitative analysis of collaborative processes involved in productive failure. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 6(1), 57–73.
- Pea, R. D. (2004). The Social and Technological Dimensions of Scaffolding and Related Theoretical Concepts for Learning, Education, and Human Activity. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3).
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., ... Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <http://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Pekarek-Doehler, S., & Ziegler, G. (2008). Doing science—doing language: The sequential organization of science-talk and language-talk in immersion classrooms. In Z. Hua, P. Seedhouse, & V. Cook (Eds.), *Language learning and teaching as social interaction* (pp. 72–87). Basingstoke, England: Palgrave Macmillan.
- Pellegrino, J.W., & Hilton, M. L. (Eds.) (2012). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Perkins, D. N. (1993). "Beyond abilities: A dispositional theory of thinking." *Merrill-Palmer Quarterly* 39(1): 1-21.
- Pfahler, K. (2011) *Metafora User Manual*. Metafora Project Public deliverable.
- Phielix, C., Prins, F., Kirschner, P., Erkens, G., & Jaspers, J. (2011). Group awareness of social and cognitive performance in a CSCL environment: Effects of a peer feedback and reflection tool. *Computers in Human Behaviour* 27, 1087-1102
- Piaget, J. (1964). *Seis estudios de psicología*. Barcelona: Seix/Barral.
- Pifarré, M., Cobos, R. & Argelagós, E. (2014). Incidence of group awareness information on students' collaborative learning processes. *Journals of Computer Assisted Learning*. Article first published online: 8 JAN 2014 | DOI: 10.1111/jcal.12043
- Pifarré, M., Kleine, J. (2011). Wiki-supported collaborative learning in Primary Education: How a dialogic space" is created for thinking together. *Computer-Supported Collaborative Learning*.
- Pifarré, M., Li, L. (2017, en premsa). Characterizing and unpacking learning to learn together skills in a wiki project in primary education. *Thinking skills and creativity*

- Pifarré, M., Wegerif, R., Guiral, A., & del Barrio, M. (2014). Developing Technological and Pedagogical Affordances to Support the Collaborative Process of Inquiry-Based Science Education. In D. G. Sampson, D. Ifenthaler, J. M. Spector, & P. Isaias (Eds.), *Digital Systems for Open Access to Formal and Informal Learning* (pp. 159–179). Cham: Springer International Publishing. http://doi.org/10.1007/978-3-319-02264-2_11
- Pintrich P.R. (2000) The role of goal orientation in self- regulated learning. In *Handbook of Self-Regulation* (eds M.Boekaerts, P. Pintrich&M. Zeidner), pp. 451–502. Academic Press, San Diego, CA
- Plato (1960). *The republic and other works* (B. Jowett, Trans.). Garden City, NY: Dolphin/Doubleday. (Original work published 360 B.C.E.)
- Podolefsky, N. S., Moore, E. B., & Perkins, K. K. (2014). PhET - Implicit scaffolding in interactive simulations: Design strategies to support multiple educational goals, 1–30. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1306.6544>
- Podolefsky, N. S., Moore, E. B., & Perkins, K. K. (2014). PhET - Implicit scaffolding in interactive simulations: Design strategies to support multiple educational goals, 1–30. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1306.6544>
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A.: 1982, 'Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change', *Science Education* 66(2), 211–227. Roth.
- Quintana, C., Eng, J., Carra, A., Wu, H., & Soloway, E. (1999). Symphony: A case study in extending learner-centered design through process-space analysis. *Proceedings of CHI 99 Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 473–480). Reading, MA: Addison-Wesley
- Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G.,..., Soloway, E. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 337–386
- Quintana, C., Reiser, B., Davis, E. A., Krajcik, J., Golan, R., Kyza, E., et al. (2002). Evolving a scaffolding design framework for designing educational software. In P. Bell, R. Stevens, & T. Satwicz (Eds.), *Keeping learning complex: The Proceedings of the Fifth International Conference of the Learning Sciences*.
- Quintana, C., Soloway, E., & Krajcik, J. (2003). Issues and approaches for developing learner-centered technology. In M. Zelkowitz (Ed.), *Advances in computers* (Vol. 57, pp. 271–321). New York: Academic.
- Raes, A., Schellens, T., & De Wever, B. (2014). Web-based collaborative inquiry to bridge gaps in secondary science education. *Journal of the Learning Sciences*, 23(3), 316–347. <http://doi.org/10.1080/10508406.2013.836656>
- Raes, A., Schellens, T., De Wever, B., & Vanderhoven, E. (2012). Scaffolding information problem solving in web-based collaborative inquiry learning. *Computers and Education*, 59(1), 82–94. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.11.010>
- Ramey-Gassert, L., Shroyer, M. G., & Staver, J. R. (1996). A qualitative study of factors influencing science teaching self-efficacy of elementary level teachers. *Science Education*, 80, 283–315. doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(199606)80:3<283::AID-SCE2>3.0.CO;2-A

- Ramey-Gassert, L., Shroyer, M. G., & Staver, J. R. (1996). A qualitative study of factors influencing science teaching self-efficacy of elementary level teachers. *Science Education*, 80, 283–315. doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(199606)80:3<283::AID-SCE2>3.0.CO;2-A
- Reiser, B. J., Tabak, I., Sandoval, W. A., Smith, B. K., Steinmuller, F., & Leone, A. J. (2001). BGuILE: Strategic and conceptual scaffolds for scientific inquiry in biology classrooms. In S. M. Carver & D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp. 263–305). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Renzulli, J. S., Gentry, M., & Reis, S. M. (2004). A time and a place for authentic learning. *Educational Leadership*, 62, 73–77
- Resnick, L. B., & Schantz, F. (2015). Re-thinking intelligence: Schools that build the mind. *European Journal of Education*, 50(3), 340e349.
- Resnick, L., Asterhan, C., & Clarke, S. (2015). *Socializing intelligence through academic talk and dialogue*. Washington, DC: AERA.
- Rezba, R. J., Sprague, C. & Fiel, R. (2003). *Learning and Assessing Science Process Skills*, Debuque, IA: Kendall-Hunt Publishing Co. 4th edition.
- Rivet, A. E., & Krajcik, J. S. (2008). Contextualizing instruction: Leveraging students' prior knowledge and experiences to foster understanding of middle school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 79–100.
- Rocard, Y. (2007). *Science Education Now*, Report EU22-845, European Commission, Brussels: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- Rodríguez, G., Gil, J., & García, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Ediciones Aljibe.
- Rogers, M. A. P., Cross, D. I., Gresalfi, M. S., Trauth-Nare, A. E., & Buck, G. A. (2011). First year implementation of a project-based learning approach: The need for addressing teachers' orientations in the era of reform. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 893–917.
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. Oxford: Oxford University Press.
- Rojas-Drummond, S., Hernandez, G., Velez, M., & Villagran, G. (1998). Cooperative learning and the appropriation of procedural knowledge by primary school children. *Learning and Instruction*, 8 (1), 37–63.
- Rojas-Drummond, S. M., Littleton, K., Hernández, F., & Zúñiga, M. (2010). Dialogical interactions among peers in collaborative writing contexts. In K. Littleton & C. Howe (Eds.). *Educational dialogues: Understanding and promoting productive interaction*, 128-148.
- Rojas-Drummond, S., Hernandez, G., Velez, M., & Villagran, G. (1998). Cooperative learning and the appropriation of procedural knowledge by primary school children. *Learning and Instruction*, 8 (1), 37–63.
- Rojas-Drummond, S.M., Torreblanca, O., Pedraza, H., Vélez, M., & Guzmán, K. (2013). 'Dialogic scaffolding': Enhancing learning and understanding in collaborative contexts. *Learning, Culture and Social Interaction*, 2(1), 11-21.

- Romine, W. L., Sadler, T. D., & Kinslow, A. T. (2016). Assessment of scientific literacy: Development and validation of the Quantitative Assessment of Socio-Scientific Reasoning (QuASSR). *Journal of Research in Science Teaching*, 54(2), 274–295. <http://doi.org/10.1002/tea.21368>
- Rommetveit, R. (1992). Outlines of a dialogically based social-cognitive approach to human cognition and communication. In A. H. Wold (Ed.), *The dialogical alternative: Towards a theory of language and mind*. Oslo: Scandinavian University Press.
- Roscoe, R. D., Segedy, J. R., Sulcer, B., Jeong, H., & Biswas, G. (2013). Shallow strategy development in a teachable agent environment designed to support self-regulated learning. *Computers & Education*, 62, 286–297. doi:10.1016/j.compedu.2012.11.008
- Rosenfeld, M. y Rosenfeld, S. (2008). Developing effective teacher beliefs about learners: The role of sensitizing teachers to individual learning differences. *Educational Psychology*, 28(3), 245-272.
- Roseth, C., Johnson, D., & Johnson, R. (2008). Promoting early adolescents' achievement and peer relationships: the effects of cooperative, competitive and individualistic goal structures. *Psychological Bulletin*, 134, 223–246. doi:10.1037/0033-2909.134.2.223
- Ross, J. y Bruce, C. (2007). Professional development effects on teacher efficacy: Results of randomized field trial. *Journal of Educational Research*, 101(1), 50-60.
- Royal Society of Arts. (2010). Royal Society of Arts education seminars: Curriculum and the social brain. Retrieved from <http://www.thersa.org/projects/education/education-seminars-2010/curriculum-and-the-social-brain>
- Ryoo, K., & Linn, M. C. (2012). Can dynamic visualizations improve middle school students' understanding of energy in photosynthesis? *Journal of Research in Science Teaching*, 49, 218–243. doi:10.1002/tea.21003
- Saab, N., van Joolingen, W. R., & van Hout-Wolters, B. H. A. M. (2009). The relation of learners' motivation with the process of collaborative scientific discovery learning. *Educational Studies*, 35, 205–222. doi:10.1080/03055690802470357
- Sanchez, C. A., Wiley, J., & Goldman, S. R. (2006). Teaching students to evaluate source reliability during Internet research tasks. In S. A. Barab, K. E. Hay, & D. T. Hickey (Eds.), *Proceedings of the seventh international conference on the learning sciences* (pp. 662-666). Bloomington, IN: International Society of the Learning Sciences.
- Sanger, M. J. (2008). How does inquiry-based instruction affect teaching majors' views about teaching and learning science? *Journal of Chemical Education*, 85, 297–302. doi:10.1021/ed085p297
- Sangrà, A., & González-Sanmamed, M. (2010). The role of information and communication technologies in improving teaching and learning processes in primary and secondary schools. *ALT-J*, 18(3), 207?220. doi:10.1080/09687769.2010.529108
- Scheuer, O., & McLaren, B. M. (2013). CASE: A configurable argumentation support engine. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 6(2), 144-157.
- Scheuer, O., Loll, F., Pinkwart, N., McLaren, B. (2010). Computer-supported argumentation: A review of the state of the art. *Intern. Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* 5(1) 43–102.
- Schneider, L. S. & Renner, J. W. (1980). Concrete and formal teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 17, 503-517.

- Schneider, R. M., Krajcik, J., Marx, R., & Soloway, E. (2002). Performance of students in project-based science classrooms on a national measure of science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 410-422.
- Schoon, K. J., & Boone, W. J. (1998). Self-efficacy and alternative conceptions of science of preservice elementary teachers. *Science Education*, 82, 553–568. doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(199809)82:5<553::AID-SCE2>3.0.CO;2-8
- Schoultz, J., Säljö, R. & Wyndhamn, J. (2001). 'Heavenly Talk. Discourse, Artifacts and Children's Understanding of Elementary Astronomy', *Human Development* 44, 103–118.
- Schraw, G., Kauffman, D., & Lehman, S. (2002). SRL theory. In J. Levin (Ed.), *Encyclopedia of cognitive science*. London, England: Macmillan.
- Schrire, S. (2006) Knowledge building in asynchronous discussion groups: Going beyond quantitative analysis. *Computers & Education*, 46, 49-70
- Schroeder, C. M., Scott, T. P., Tolson, H., Huang, T. Y. & Lee, Y. H. (2007). A Meta- Analysis of National Research: Effects of Teaching Strategies on Student Achievement in Science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(10), 1436- 1460
- Schwartz, N. (1999). Self-reports: How the questions shape the answers. *American Psychologist*, 54(2), 93–105
- Schwarz, B. B., de Groot, R., Mavrikis, M., & Dragon, T. (2015). Learning to learn together with CSCL tools. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 10(3), 239–271. <http://doi.org/10.1007/s11412-015-9216-0>
- Schwarz, B. B., Drachman, R., & de Groot, R. (2010). Bridging Document: Learning to Learn Together Mathematics and Sciences with the Metafora System, (July), 2–3.
- Schwarz, C. (2009) Developing preservice elementary teachers' knowledge and practices through modeling-centered scientific inquiry. *Science Education*, 93(4), 720-744
- Schwarz, C., Reiser, B, Davis, B., Kenyon, L, Acher, A., Fortus, D., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Designing a learning progression of scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654
- Schwarz, C.V. & Gwekwerere, Y.N. (2007) Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91, 158–186
- Schwonke, R., Berthold, K., & Renkl, A. (2009). How multiple external representations are used and how they can be made more useful. *Applied Cognitive Psychology*, 23, 1227- 1243.
- Scott, P. H., Mortimer, E. F. & Aguiar, D. G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, 90(3), 605–631
- Scott, P., Mortimer, E., & Ametller, J. (2011). Pedagogical link-making: a fundamental aspect of teaching and learning scientific conceptual knowledge. *Studies in Science Education*, 47(1), 3–36. <http://doi.org/10.1080/03057267.2011.549619>
- Sedova, K., Salamounova, Z., & Svaricek, R. (2014). Troubles with dialogic teaching. *Learning, Culture and Social Interaction*, 3(4), 274-285, doi:10.1016/j.lsci.2014.04.001
- Settlage, J., & Southerland, S. A. (2007). *Teaching science to every child: Using culture as a starting point*. New York: Taylor & Francis

- Shavelson, R. (2005) Embedding Assessments in the FAST Curriculum: The Romance between Curriculum and Assessment, Final Report, Stanford Educational Assessment Laboratory (SEAL) and Curriculum Research and Development Group (CRDG).
- Sherin, B. (2001). How students understand physics equations. *Cognition and Instruction*, 19, 479–541.
- Shimoda, T.A., White, B.Y. Frederiksen J.R. (2002). Student goal orientation in learning enquiry skills with modifiable software advisors. *Science Education*, 86 (2), 244 – 263.
- Shulman, L.S. (1998). Theory, practice, and the education of professionals. *The Elementary School Journal*, 98(5), 511-526.
- Shultz, S., & Dunbar, R. I. M. (2006). Chimpanzee and felid diet composition is influenced by prey brain size. *Biology Letters*, 2(4), 505-508.
- Silk, J. B. (2007). Social components of fitness in primate groups. *Science*, 317(5843), 1347-1351.
- Simarro, C., Couso, D. & Pintó, R. (2013). "Indagació basada en la modelització: un marc per al treball pràctic" *Ciències*, 25, 35-43
- Siry, C., Ziegler, G., & Max, C. (2012). "Doing science" through discourse-in-interaction: Young children's science investigations at the early childhood level. *Science Education*, 96(2), 311–326. <http://doi.org/10.1002/sce.20481>
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2010). The ROSE project: An overview and key findings. Oslo, Norway: Oslo Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, University of Oslo.
- Slavin, R. E. (2009). Cooperative learning. In G. McCulloch & D. Crook (Eds.), *International encyclopaedia of education* (pp. 161–178). Abington, UK: Routledge
- Slotta, J. D., & Linn, M. C. (2000). The knowledge integration environment: Helping students use the Internet effectively. In *Innovations in science and mathematics education: Advanced designs for technologies of learning* (pp. 193–226). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Slotta, J. D., & Linn, M. C. (2009). *WISE Science, Web-Based Inquiry in the Classroom*. New York: Teachers College Press
- Smith, B. K., & Reiser, B. J. (1998). National Geographic unplugged: Classroom-centered design of interactive nature films. In C. Karat, A. Lund, J. Coutaz, & J. Karat (Eds.), *Proceedings of CHI 98 Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 424–431). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Smyrniou, Z., & Moustaki, F. (2012). Creating motion models by manipulating parameters that correspond to scientific conventions. *Constructionism 2012*, 625–629.
- Smyrniou, Z., Foteini, M., & Kynigos, C. (2012). Students' Constructionist Game Modelling Activities as Part of Inquiry Learning Processes. *Electronic Journal of E-Learning*, 10(2), 235–248.
- Smyrniou, Z., Moustaki, F., Yiannoutsou, N., & Kynigos, C. (2012). Interweaving meaning generation in science with learning to learn together processes using Web 2.0 tools, 5, 27–44.
- Solomon, J.: 1994, 'The Rise and Fall of Constructivism', *Studies in Science Education* 23, 1–19.
- Someren, M. V., Barnard, Y. F., & Sandberg, J. A. (1994). *The think aloud method: a practical approach to modelling cognitive processes*. Academic Press.
- Someren, M. V., Barnard, Y. F., & Sandberg, J. A. (1994). *The think aloud method: a practical approach to modelling cognitive processes*. Academic Press.

- Songer, N. B., Kelcey, B., & Gotwals, A.W. (2009). How and when does complex reasoning occur? Empirically driven development of a learning progression focused on complex reasoning about biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 610–631
- Stahl, G. (2006). *Group Cognition: Computer Support for Building Collaborative Knowledge (Acting with Technology)*. illustrated edition. The MIT Press.
- Stahl, G. (2012). Cognizing mediating: Unpacking the entanglement of artifacts with collective minds. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7(2), 187–191. <http://doi.org/10.1007/s11412-012-9148-x>
- Stahl, G.; Koschmann, T. & Suthers, D. D. (2006). Computer-supported collaborative learning.
- Stake, R.E. (1995). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Ediciones Morata. [2ª Edición]
- Stark, R., & Gray, D. (1999). Gender preferences in learning science. *International Journal of Science Education*, 21, 633–643.
- Sun, D., & Looi, C.-K. (2013). Designing a web-based science learning environment for model-based collaborative inquiry. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 73–89. doi:10.1007/s10956-012-9377-9
- Tabak, I. (2004). Synergy: A complement to emerging patterns of distributed scaffolding. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 305–335.
- Talja, S. (2005). The social and discursive construction of computing skills. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 56(1), 13–22
- Thadani, V., Stevens, R. H., & Tao, A. (2009). Measuring complex features of science instruction: Developing tools to investigate the link between teaching and learning. *Journal of the Learning Sciences*, 18, 285–322. doi:10.1080/10508400902797941
- The Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8
- The Gallup Organisation. (2008). *Young People and Science: Analytical Report*. (30-3-17) http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_239_en.pdf
- Thys, M., & Verschaffel, L. (2015). Investigating the quality of project-based science and technology learning environments in elementary school: a critical review of instruments. *Studies in Science ...*, 7267(January 2016), 1–37. <http://doi.org/10.1080/03057267.2015.1078575>
- Tiberghien, A.: 1996, 'Construction of Prototypical Situations in Teaching the Concept of Energy', in G. Welford, J. Osborne & P. Scott (eds.), *Research in Science Education in Europe: Current Issues and Themes*. Tiberghien,
- Tosun, T. (2000). The beliefs of preservice elementary teachers toward science and science teaching. *School Science and Mathematics*, 100, 374–379. doi:10.1111/j.1949-8594.2000.tb18179.x
- Toth, E. E., Suthers, D. D., & Lesgold, A. M. (2002). "Mapping to know": The effects of representational guidance and reflective assessment on scientific inquiry. *Science Education*, 86, 264–286
- Trowbridge, L., & Bybee, R. (1996). *Teaching secondary school science: Strategies for developing scientific literacy* (6th ed.). Engelwood Cliffs, NJ: Merrill.

- Tseng, C. H., Tuan, H. L., & Chin, C. C. (2013). How to Help Teachers Develop Inquiry Teaching: Perspectives from Experienced Science Teachers. *Research in Science Education*, 43(2), 809–825. <http://doi.org/10.1007/s11165-012-9292-3>
- Turkmen, H. (2009). An effect of technology based inquiry approach on the of “Earth, Sun, & Moon” subject. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 10 (1).
- Tytler, R. (2007). School Innovation in Science: A model for supporting school and teacher development. *Research in Science Education*, 37, 189–216. doi: 10.1007/s11165-006-9022-
- UN Millennium Project. Investing in Development: A Practical Plan to Achieve the Millennium Development Goals (2005). New York. <http://www.unmillenniumproject.org/documents/MainReportComplete-lowres.pdf>
- van Aalderen-Smeets, S. I., & Van Der Molen, J. H. W. (2015). Improving primary teachers’ attitudes toward science by attitude-focused professional development. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(5), 710–734. <http://doi.org/10.1002/tea.21218>
- van Aalderen-Smeets, S. I., Walma van der Molen, J. H., van Hest, E. G. C., & Poortman, C. (2016). Primary teachers conducting inquiry projects: effects on attitudes towards teaching science and conducting inquiry. *International journal of science education*, 39(2), 238-256.
- van Borkulo, S., van Joolingen, W., Savelsbergh, E., & de Jong, T. (2012). What can be learned from computer modeling? Comparing expository and modeling approaches to teaching dynamic systems behavior. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 267–275. doi:10.1007/s10956-011-9314-3
- Van Deursen, A. J. A. M., & Van Diepen, S. (2013). Information and strategic Internet skills of secondary students: A performance test. *Computers & education*, 63, 218-226. doi: 10.1016/j.compedu.2012.12.007
- van Dijk, A. M., & Lazonder, A. W. (2016). Scaffolding students' use of learner-generated content in a technology-enhanced inquiry learning environment. *Interactive learning environments*, 24(1), 194-204.
- Van Driel, J. H., Bulte, A. M., & Verloop, N. (2008). Using the curriculum emphasis concept to investigate teachers’ curricular beliefs in the context of educational reform. *Journal of Curriculum Studies*, 40(1), 107-122.
- van Gog, T. (2006). Uncovering the problem-solving process to design effective worked examples. Doctoral Dissertation. Heerlen, The Netherlands: Open University of The Netherlands.
- van Gog, T., Kester, L., Nievelstein, F., Giesbers, B., & Paas, F. (2009). Uncovering cognitive processes: Different techniques that can contribute to cognitive load research and instruction. *Computers in Human Behavior*, 25, 325-331.
- Van Joolingen, W. R., De Jong, T., & Dimitrakopoulou, A. (2007). Issues in computer supported inquiry learning in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 111–119.
- Vannote, R. L., Minshall, W. G., Cummins, K. W., Sedell, J. R. & Cushing, C. E. (1980). The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(1), 130-137
- Vass, E., & Littleton, K. (2010). Peer collaboration and learning in the classroom. In K. Littleton, C. Wood, & J. Kleine Staarman (Eds.), *International handbook of psychology in education* (pp. 105–136). Leeds, UK: Emerald.

- Veermans, K. H., van Joolingen, W. R., & de Jong, T. (2006). Using heuristics to facilitate scientific discovery learning in a simulation learning environment in a physics domain. *International Journal of Science Education*, 28, 341–361. doi:10.1080/09500690500277615.
- Viennot, L. & Ranson, S. (1999). 'Design and Evaluation of a Research Based Teaching Sequence: The Superposition of Electric Fields', *International Journal of Science Education* 21(1), 1–16.
- Vikström, A. (2008). What is intended, what is realized, and what is learned? Teaching and learning biology in the primary school classroom. *Journal of Science Teacher Education*, 19, 211–233.
- Volkinsteine, J., & Namsone, D. (2016). Acquisition of student scientific inquiry skills: centralised examination results in chemistry. *Society Integration Education. Proceedings of the International Scientific Conference (Vol. 2, pp. 373-386)*.
- Voloshinov, V.N. (1973). *Marxism and the philosophy of language*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Vonderwell, S. (2003). An examination of asynchronous communication experiences and perspectives of students in an online course: A case study. *Internet and Higher Education*, 6, 779–780.
- Vosniadou, S. (1994). 'Capturing and Modelling the Process of Conceptual Change', *Learning and Instruction* 4, 45–69.
- Vosniadou, S. & Brewer, W.F. (1992), 'Mental Models of Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood', *Cognitive Psychology* 24, 535–585.
- Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). 'From Conceptual Development to Science Education: A Theoretical Point of View', *International Journal of Science Education* 20(10), 1213–1230.
- Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vygotsky, L.S (1978). *Mind in society: The development of higher psychological process*. Cambridge: Harvard University Press.
- Wallace, R. M., Kupperman, J., Krajcik, J., & Soloway, E. (2000). Science on the Web: Students online in a sixth-grade classroom. *Journal of the Learning Sciences*, 9, 75–104
- Wang, M., Wu, B., Kinshuk, Chen, N. S., & Spector, J. M. (2013). Connecting problem-solving and knowledge-construction processes in a visualization-based learning environment. *Computers & Education*, 68, 293–306
- Ward, J. D., & Lee, C. L. (2002). A review of problem-based learning. *Journal of Family and Consumer Sciences Education*, 20(1), 16-20
- Webb, N. M. (2009). The teacher's role in promoting collaborative dialogue in the classroom. *British Journal of Educational Psychology*, 79(1), 1-28
- Wegerif, R. (2003) Thinking skills, technology and learning: A review of the evidence for Nesta FutureLab. Retrieved from: http://archive.futurelab.org.uk/resources/documents/lit_reviews/Thinking_Skills_Review.pdf
- Wegerif, R. (2005) Reason and creativity in classroom dialogues. *Language and Education* 19(3), 223-238
- Wegerif, R. (2007). *Dialogic education and technology: Expanding the space of learning (Vol. 7)*. Springer Science & Business Media.

- Wegerif, R. (2010). Dialogue and teaching thinking with technology. *Educational dialogues: Understanding and promoting productive interaction*, 304.
- Wegerif, R. (2010b) *Mindexpanding: teaching for thinking and creativity in primary education*. Buckingham, UK: Open University Press/ McGraw Hill.
- Wegerif, R. (2013) *Dialogic: Education for the internet age*. London: Routledge
- Wegerif, R. (2015) *Technology and teaching thinking: Why a dialogic approach is needed for the twenty-first century*. In Wegerif, Li and Kaufman (eds) *The Routledge International Handbook of Research on Teaching Thinking*. Routledge: New York and London
- Wegerif, R. & Yang, Y. (2011a). *Technology and Dialogic Space: Lessons from History and from the 'Argonaut' and 'Metafora' Projects.*, CSCL 2011, Hong Kong
- Wegerif, R. & Yang, Y., (2011b). "Visual Language for Learning Processes", *Metafora Deliverable D2.1*. Metafora Project. European Commission
- Wegerif, R., Fujita, T., Doney, J., Perez Linares, J., Richards, A., & van Rhyn, C. (2016). Developing and trialing a measure of group thinking. *Learning and Instruction*, 1–11. <http://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.08.001>
- Wegerif, R., Li, L., & Kaufman, J. C. (Eds.). (2015). *The Routledge international handbook of research on teaching thinking*. Routledge.
- Wegerif, R., Mercer, N., & Dawes, L. (1999). From social interaction to individual reasoning: an empirical investigation of a possible sociocultural model of cognitive development. *Learning and Instruction*, 9(6), 493–516. [http://doi.org/10.1016/S0959-4752\(99\)00013-4](http://doi.org/10.1016/S0959-4752(99)00013-4)
- Wegerif, R., Yang, Y., De Laat, M., Pifarre, M., Yiannoutsou, N., Moustaki, F., Smyrniou, Z., Daskolia, M., Mavrikis, M., Geraniou, E., & Abdu, R. (2012). *Developing a Planning and Reflection tool to Support Learning to Learn Together (L2L2)*.
- Wegerif, R. & De Laat, M. F. (2010). Reframing the teaching of higher order thinking for the network society. In S. Ludvigsen, A. Lund & R. Saljo (Eds.), *Learning in social practices: ICT and new artefacts transformation of social and cultural practices*. Routledge.
- Wenger, Etienne (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge
- Wenning, C. J. (2005). Levels of inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and inquiry processes. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 2(3), 3–11.
- Wenning, C. J. (2011). Experimental inquiry in introductory physics courses. *Physics Courses. Journal of Physics Teacher Education Online*, 6(2), 1–20. Recuperat de [http://www2.phy.ilstu.edu/~wenning/jpteo/issues/jpteo6\(2\)sum11a.pdf](http://www2.phy.ilstu.edu/~wenning/jpteo/issues/jpteo6(2)sum11a.pdf)
- Wertsch, J. V. (1979). From social interaction to higher psychological processes: a clarification and application of Vygotsky's theory. *Human Development*, 22, 1–22. doi:10.1159/000272425
- Wertsch, J., (1985). *Vygotsky and the social formation of mind*. UK: Harvard University Press
- Wertsch, J.V. (1991). *Voices of the Mind: A Sociocultural Approach to Mediated Action*, Harvester Wheatsheaf.
- Wheelan, S. A. 2009. Group Size, Group Development, and Group Productivity. *Small Group Research* 40, no. 2: 247.

- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16, 3–118. doi:10.1207/s1532690xci1601_2.
- Whitebread, D., & Pino Pasternak, D. (2010). Metacognition, self-regulation & meta-knowing. In K. Littleton, C. Wood, & J. Kleine Staarman (Eds.), *International handbook of psychology in education* (pp. 615–713). Leeds, UK: Emerald.
- Wild, C. J. and M. Pfannkuch (1999). "Statistical thinking in empirical enquiry." *International Statistical Review* 67(3): 223-248.
- Wiley, J., Goldman, S. R., Graesser, A. C., Sanchez, C. A., Ash, I. K., & Hemmerich, J. A. (2009). Source Evaluation, Comprehension, and Learning in Internet Science Inquiry Tasks. *American Educational Research Journal*, 46(4), 1060–1106. doi: 10.3102/0002831209333183
- Wilhelm, P., & Beishuizen, J. J. (2003). Content effects in self-directed inductive learning. *Learning and Instruction*, 13, 381–402. doi:10.1016/S0959-4752(02)00013-0
- Williams, M., DeBarger, A. H., Montgomery, B. L., Zhou, X., & Tate, E. (2012). Exploring middle school students' conceptions of the relationship between genetic inheritance and cell division. *Science Education*, 96, 78–103. doi:10.1002/sce.20465
- Wilson, C. D., Taylor, J. A., Kowalski, S. M., & Carlson, J. (2010). The relative effects and equity of inquiry-based and commonplace science teaching on students' knowledge, reasoning, and argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(3), 276–301
- Wilson, E. O. (1999). *Consilience: The unity of knowledge* (Vol. 31). Vintage.
- Wilson, E. W. (1975). *Sociobiology: The new synthesis*. Cambridge: Harvard UP.
- Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. (2008) Beyond the scientific method: model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Sci Educ*, 92, 941–967
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17(2), 89-100. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>.
- Woolley, A., Chabris, C., Pentland, A., Hashmi, N., & Malone, T. (2010). Evidence for a collective intelligence factor in the performance of human groups. *Science*, 330(6004), 686e688. DOI:10.1126/science.1193147.
- Wu, H. K., & Puntambekar, S. (2012). Pedagogical affordances of multiple external representations in scientific processes. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 754-767.
- Xin, M. C. (2002). Validity centered design for the domain of engaged collaborative discourse in computer conferencing. Tesis doctoral no publicada. Brigham Young University, UTAH, EEUU. http://www.textweaver.org/xin_dissertation.pdf
- Yalcin, T. (2014). Sorgulama Temelli Öğrenme Yönteminin, Öğrencilerin Bilimsel Süreç becerileri ve Kavramsal Anlamaları Üzerindeki Etkisi. Dokuz Eylül University, Institute of Education Sciences, Unpublished master thesis, İzmir.
- Yang, Y. and Wegerif, R. (2010) Deliverable 2.1. Visual Language for Learning Processes. Metafora Project Public deliverable.

- Yang, Y., Wegerif, R. & Pifarré, M. (2010). D2.4 – Final report on the role of technology in supporting individuals and group “Learning to Learn together .” Metafora Project, Framework 7 ICT. European Community.
- Yang, Y., Wegerif, R., Dragon, T., Mavrikis, M., & McLaren, B. (2013). Learning how to learn together (L2L2): Developing tools to support an essential complex competence for the In- ternet age. In N. Rummel, M. Kapur, M. Nathan, & S. Puntambekar (Eds.), Proceedings of computer-supported collaborative learning conference. Madison. International Society of the Learning Sciences (ISLS).
- Yang, Y.; Wegerif, R.; Jones, R. G. (2012). Interim report on the role of technology supporting dialogues using a visual language.
- Yeh, T.-K., Tseng, K.-Y., Cho, C.-W., Barufaldi, J. P., Lin, M.-S., & Chang, C.-Y. (2012). Exploring the impact of prior knowledge and appropriate feedback on stu- dents’ perceived cognitive load and learning outcomes: Animation-based earth- quakes instruction. *International Journal of Science Education*, 34, 1555–1570. doi: 10.1080/09500693.2011.579640
- Yin, R.K. (2006). Case study methods. In J.L. Green, G. Camilli & P.B. Elmore (Eds.), *Handbook of Complementary Methods in Education Research* (pp.111-122). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Zalles, D., Quellmalz, E. and Gobert, J. (2007) Final report to the National Science Foundation on
- Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific issues as a curriculum emphasis: Theory, research and practice. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science*
- Zemal-Saul, C. (2009). Learning to teach elementary school science as argument. *Science Education*, 93 (4), 687-719
- Zhang, M., & Quintana, C. (2012). Scaffolding strategies for supporting middle school students’ online inquiry processes. *Computers and Education*, 58(1), 181–196. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.016>

PART 7- Annexos

Annex 1- Prova d'avaluació del projecte "Bec o no?"

PART 1

Construeix un mapa conceptual que tingui com a concepte central "**potabilitat de l'aigua**". Expressa-hi quins són els teus preconceptes per tal que quedi ben representat quin és el teu model actual.

PART 2

L'Alba Samarra va realitzar un magnífic treball de recerca. Va decidir centrar el tema en la potabilitat de l'aigua de les fonts de la vall d'Àger perquè era la zona on passava la major part dels dies d'estiu, a la casa pairal de la seva família. Des de ben petita bevia de les fonts de la zona, però l'estiu anterior a la realització del seu treball de recerca va veure un cartell on s'hi indicava que l'aigua de la font de la Sort no era potable; al cap d'uns mesos aquest cartell ja no hi era i ara no sabia si podia beure o no d'aquella font.

A continuació teniu el resultat de les anàlisis que va dur a terme l'estiu del 2005.

FONT DE LA SORT										
Paràmetres analitzats		FOSFATS (mg PO ₄ ⁻³ /l)	AMONI (mg NH ₄ /l)	NITRITS (mg NO ₂ /l)	NITRATS (mg NO ₃ /l)	DURESA TOTAL (mg CaCO ₃ /l)	pH	TEMP. (°C)	Bacteris Aerobis	Enterobacteris
Nivells de potabilitat		1	0'5	0'1	50	300	9.5	25	Contaminació Baixa	Contaminació Baixa
MOSTREIG										
DATA	HORA									
15/07/2005	17:40	1,5	0'2	0'02	60	890	7.0	18	Mitjana	Baixa
04/08/2005	18:50	1'5	0	0'05	60	445	7.5	-		
19/08/2005	20:38	1'5	0	0'03	70	535	7.5	-	Alta	Mitjana
03/09/2005	12:52	2'1	0	0'05	50	805	7.5	18		
17/09/2005	15:25	0'6	0'1	0'03	70	890	7.5	16	Alta	Baixa
01/10/2005	10:58	0'6	0	0'02	70	890	7.75	16		
15/10/2005	15:15	1	0	0'05	30	890	7.5	15		
29/10/2005	12:30	0'6	0	>0'5	60	890	7.5	19	Baixa	Nul·la
12/11/2005	11:42	0	0	0'03	50	890	7.5	14		
04/12/2005	13:15	0'6	0	0	30	890	7.5	16		

1. A la vista d'aquests resultats quin era el problema que va decidir investigar?
2. Et sembla que tenia alguna hipòtesi? En cas afirmatiu, especifica quina.
3. Per què va triar analitzar aquests paràmetres?

4. Per tant, quines són les variables dependents i independents d'aquest experiment?

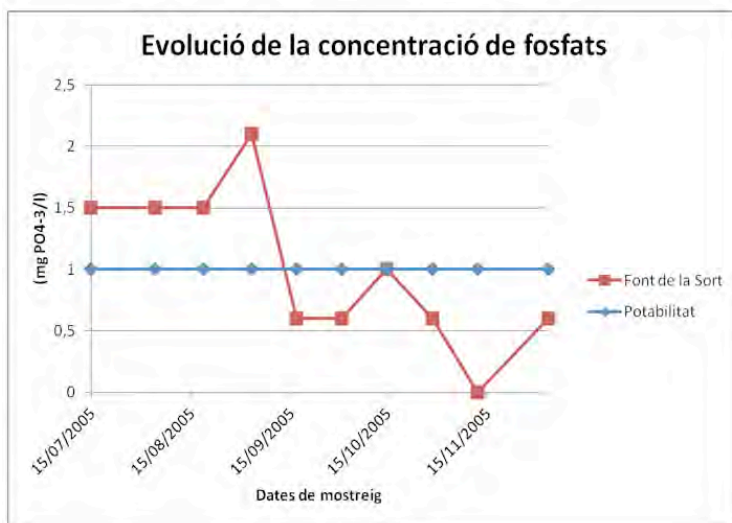
Variable independent	
Variable dependent	

5. Et sembla que caldria realitzar algun control en aquests disseny experimental?

- SÍ
- NO

En què consistiria?

6. Interpreta el gràfic de la concentració de fosfats al llarg del temps i explica les possibles causes dels canvis de concentració.



7. Quins dels paràmetres de la taula de resultats et sembla que mostren evidències significatives per resoldre el plantejament del problema? I explica què significa el seu valor.

Paràmetre	Que significa el seu valor?

8. Què et sembla que va posar l'Alba a les seves conclusions?

Annex 2- Currículum vitae Alba Guiral i Herrera

ESTUDIS DE DOCTORAT

Títol de la tesi: **“Aprentatge dialògic de les ciències per indagació amb suport de tecnologia 2.0: un estudi en la formació inicial del professorat”**

Programa de doctorat: 1303 Doctorat en Educació, Societat i Qualitat de Vida

Línies de recerca: Àmbit COntIC –Cognició i Context mediat per les Tecnologies de la Informació i de la Comunicació

Directora: Dra. Manoli Pifarré Turmo

FORMACIÓ ACADÈMICA

Llicenciada en Biologia (Especialitat Organismes i Sistemes) per la Universitat Autònoma de Barcelona (2008)

Màster en Recerca Educativa. Universitat de Lleida. (2011)

EXPERIÈNCIA LABORAL

Professora de secundària del Departament d’Ensenyament (Des de 2010)

Professora associada del Departament de Didàctiques Específiques, Àrea de Didàctica de les Ciències Experimentals. Docència als Graus d’Educació Primària i Educació infantil. Universitat de Lleida (Des de 2010)

EXPERIÈNCIA EN EDUCACIÓ

Inicia el seu treball professional en l’àmbit de l’educació com a educadora ambiental a partir de l’any 2005 en Espais d’Interès Natural, l’Ajuntament de Lleida, escoles de natura i exposicions itinerants. El seu treball com professora de secundària s’inicia al 2010, així com el de formadora de mestres en Didàctica de les Ciències Experimentals.

És membre del grup de recerca Cognició i Context mediat per les Tecnologies de la Informació i la Comunicació (CONTIC; SGR 625) de la Universitat de Lleida des de 2009. Combina la recerca educativa amb la docència.

PUBLICACIONS

- Pifarré, M., Wegerif, R., Guiral, A., del Barrio, M. (2012). *Developing technological and pedagogical affordances to support collaborative inquiry science processes*. IADIS. ISBN: 978-989-8533-12-8.

- Pifarré, M., Wegerif, R., Guiral, A., del Barrio, M. (2014). *Developing technological and pedagogical affordances to support the collaborative process of inquiry-based science education. Chapter 11, Digital Systems for Open Access to Formal and Informal Learning, ID: 316451_1_En. Springer International Publishing Switzerland. ISBN: 978-3-319-02263-5.*
- Barrio, M., Guiral, A., Pifarré, M., Piqué, N. & Ros, L. (2017, en premsa). *Crear conocimiento científico: Un proyecto de investigación sobre microorganismos. Alambique Didáctica de la Ciencias Experimentales. Ed. Graó.*
- Piqué, N. Zanui, M., Pifarré, M., del Barrio, M. & Guiral, A., (2017, en premsa). *Crear un relato: un proyecto sobre escritura colaborativa. Aula de Innovación Educativa. Ed. Graó.*
- Guiral, A. & Tous, N. (2017) *BOMBES DE BANY. Servei Educatiu del Segrià Experiències de Ciència al Carrer. [en línia INTERNET]*
Adreça d'accés: <http://sesegria.cat/cienciaalcarrer/?cat=13>
Publicació seriada irregular. N°16 – ISSN 2564-906X <http://sesegria.cat/cienciaalcarrer/?p=1182>

COL LABORACIÓ EN PROJECTES

- *Creatividad y aprendizaje colaborativo mediante herramientas Web 2.0: estudio longitudinal sobre los procesos psicológicos implicados en su enseñanza-aprendizaje en secundaria (CreativeMind2.0) . EDUC Programa Nacional de Ciencias de la Educación (EDUC). MEYC - Ministerio de Economía y Competitividad. Número de proyecto/contracte: EDU2012-32415 Import: 21.060,00. Durada, des de: 2013 fins: 2016. Investigador/a Principal: Manuela Pifarré Turmo.*
- *Learning to learn together: A visual language for social orchestration of educational activities. ICTP - Information and Communication Technologies Policy Support Programme (ICT PSP). UNER - Unió Europea. Durada, des de: 2010 fins: 2013.*
Estudio de los procesos cognitivos y sociales implicados en el uso educativo de la Web 2.0 en la ESO: Análisis de su impacto en el aprendizaje. EDUA - Área Temática de Ciencias de la Educación (EDU). MCIN - Ministerio de Ciencia e Innovación. Número de proyecto/contracte: EDU2009-11656 Import: 27.104,00 Durada, des de: 2010 fins: 2012. Investigador/a Principal: Manuela Pifarré Turmo
- *Projecte d'Innovació docent: Aprenentatge d'una problemàtica complexa des de la interdisciplinarietat: qui som els humans?. Facultat de Ciències de l'Educació. Universitat de Lleida. Codi projecte: 7111. Acord núm. 133/2012 del Consell de Govern de 27 de juny de 2012.*

