

Tesi doctoral

Educar a favor d'una nova cultura ambiental de l'aigua

Autora: **Alba Castelltort Valls**

Directora: Neus Sanmartí Puig

Departament de Didàctica
de la Matemàtica i de les
Ciències Experimentals

Universitat Autònoma de Barcelona
Novembre 2015

UAB

Universitat Autònoma de Barcelona





Universitat Autònoma de Barcelona

Educar a favor d'una nova cultura ambiental de l'aigua

Autora: Alba Castelltort Valls

Directora: Neus Sanmartí

Programa de Doctorat Interuniversitari d'Educació Ambiental

Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències

Experimentals

Universitat Autònoma de Barcelona

Any 2015

*"...vaig pregar als déus An i Enlil que aprovessin les
meves justes súpriques a fi de proveir d'aigua dolça
la meva ciutat i el meu territori..."*

*Declaració de Sin- Iddinam (1850 a.C)
Ciutat d'Ur, Mesopotàmia
(fragment extret d'un cilindre cuneïforme)*



Agraïments

Aquest treball també ha estat possible gràcies a totes les persones que m'han acompanyat al llarg d'aquests 4 anys. En primer lloc, voldria agrair a totes les companyes i companys del Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals de la UAB per donar-me l'oportunitat de viure una experiència d'aprenentatge inoblidable. Agrair a les mestres de les escoles participants per acceptar formar part d'aquest estudi i per la generositat que suposa haver compartit la seva experiència i dedicar-me una part del seu temps. A les companyes del Programa BcnE+S que sempre he sentit a prop meu i amb qui també hem pogut realitzar diverses col·laboracions. A les institucions que organitzen activitats externes (Aigües de Barcelona, Àrea Metropolitana de Barcelona, Museu de les Aigües), les empreses gestores i els equips educatius per haver-me facilitat la possibilitat d'observar algunes de les seves activitats. Al Grup de Ciències a Infantil i Primària de l'ICE-UAB per ser un espai d'intercanvi excel·lent en el que a cada sessió m'han encomanat el seu gran entusiasme per a millorar l'ensenyament de les ciències. Al grup LIEC amb qui he compartit trobades mensuals i congressos que m'han permès conèixer experiències i reflexions molt interessants sobre com fer ciències en context. A l'Ateneu d'Educació Infantil i als Seminaris d'Educació Infantil perquè han estat uns espais d'aprenentatge, de col·laboració i d'intercanvi fantàstics. També agrair molt especialment a la Hilda Weissmann, a la Teresa Franquesa i a la meva mare Roser Valls per la lectura dels diferents esborranys i per les seves interessants aportacions. I sobretot a la Neus Sanmartí per dirigir-me aquesta tesi, 15 anys després de dirigir el meu primer treball de recerca fet en aquesta universitat i per acompanyar-me i ensenyar-me al llarg de tot aquest temps. I per acabar a la meva família, l'Eduard, en Jofre, en Maurici i en Llibert per la seva paciència davant de "*tanta tesi, tanta tesi...*". A totes i tots gràcies.

SUMARI

1	JUSTIFICACIÓ DE LA RECERCA	15
1.1	PRESENTACIÓ DE L'OBJECTE D'ESTUDI.....	15
1.2	FINALITATS, PREGUNTES I OBJECTIUS.....	18
1.3	ORGANITZACIÓ GENERAL DE LA MEMÒRIA	19
2	MARC TEÒRIC.....	23
2.1	L' EDUCACIÓ AMBIENTAL.....	23
2.1.1	BREU TRAJECTÒRIA, INTENSA (R)EVOLUCIÓ	23
2.1.2	IDEES CLAU PER DESENVOLUPAR LA COMPETÈNCIA PER ACTUAR.....	26
2.1.2.1	Visió de desenvolupament sostenible	28
2.1.2.2	La importància del coneixement	30
2.1.2.3	Desenvolupar valors, actituds i comportaments i la influència del context	32
2.1.2.4	El paper de l'entorn i la comunitat	33
2.1.2.5	La visió de futur	35
2.1.2.6	La participació.....	36
2.1.3	SÍNTESI.....	37
2.2	EDUCACIÓ CIENTÍFICA I EDUCACIÓ AMBIENTAL.....	38
2.2.1	UNA RELACIÓ BENEFICIOSA	38
2.2.2	LA IMPORTÀNCIA DE LA FORMACIÓ INICIAL DEL PROFESSORAT.....	41
2.2.3	SÍNTESI.....	44
2.3	L'AIGUA, UN CONTEXT DE RELLEVÀNCIA SOCIO-AMBIENTAL.....	45
2.3.1	UNA MIRADA GLOBAL I LOCAL A LA QÜESTIÓ DE L'AIGUA.....	45
2.3.1.1	La gestió de l'aigua pel consum humà	46
2.3.1.2	Les infraestructures del cicle urbà de l'aigua	46
2.3.1.3	L'energia en el cicle urbà de l'aigua.....	48
2.3.1.4	El cost i el preu de l'aigua	48
2.3.1.5	El consum d'aigua directe.....	50
2.3.1.6	El consum d'aigua indirecte.....	51
2.3.1.7	L'aigua com a bé escàs.....	53
2.3.2	UNA MIRADA CAP AL FUTUR DE L'AIGUA	54
2.3.2.1	La urgència d'introduir una nova mirada: el nexa entre aigua i energia.....	55
2.3.2.2	Satisfer la demanda d'aigua i la seva relació amb l'energia	56
2.3.2.3	Satisfer la demanda energètica i la seva relació amb l'aigua	58

2.3.2.4	Promoure noves actituds i comportaments envers l'aigua	59
2.3.3	SÍNTESI.....	62
2.4	LA CULTURA AMBIENTAL DE L'AIGUA A L'ESCOLA.....	63
2.4.1	BREU CONTEXTUALITZACIÓ: DE LA NORMATIVA A LA COMUNITAT EDUCATIVA. 63	
2.4.1.1	L'encaix de l'educació ambiental en el marc legal educatiu.....	63
2.4.1.2	El suport de la comunitat en el desenvolupament de l'EA a l'escola	66
2.4.2	ENSENYAR I APRENDRE SOBRE EL CICLE DE L'AIGUA.....	67
2.4.2.1	Una mirada des del marc curricular i dels recursos de suport als centres... 68	
2.4.2.2	Una mirada des del marc de la investigació educativa.....	71
2.4.2.3	Una mirada des del marc de les progressions d'aprenentatge	79
2.4.2.4	Progressions d'aprenentatge relacionades amb l'aigua	80
2.4.2.5	Les progressions en el camp de l'educació ambiental.....	83
2.4.3	SÍNTESI.....	85
3	MARC METODOLÒGIC.....	89
3.1	INTRODUCCIÓ	89
3.2	DISSENY METODOLÒGIC	90
3.3	PRESENTACIÓ DE LA MOSTRA	91
3.4	TÈCNiques I INSTRUMENTS UTILITZATS.....	93
3.4.1	Qüestionari principal	93
3.4.1.1	Antecedents i justificació.....	93
3.4.1.2	Criteris considerats pel disseny del qüestionari principal	95
3.4.1.3	Criteris considerats per a l'elaboració de les preguntes	97
3.4.1.4	Oportunitats i limitacions de l'ús dels qüestionaris	99
3.4.2	Altres instruments generats a partir del qüestionari principal	101
3.4.2.1	Qüestionari inicial a l'E3.....	101
3.4.2.2	Instrument per identificar els coneixements inicials dels estudiants del GEP	102
3.4.2.3	Instrument per identificar els coneixements finals dels estudiants de GEP	102
3.4.2.4	Instruments per analitzar el procés metareflexiu dels estudiants GEP.....	103
3.4.3	Altres tècniques utilitzades	105
3.4.3.1	Entrevistes	105
3.4.3.2	Focus-group	107
3.4.3.3	Diari de camp.....	108
3.4.3.4	Anàlisi del contingut	109

3.5	EL PROCÉS DE RECOLLIDA DE DADES EN CADA CAS D'ESTUDI	110
3.5.1	Escola 1	110
3.5.1.1	Context.....	111
3.5.1.2	Mostra.....	112
3.5.1.3	Justificació.....	112
3.5.1.4	Procés de recollida de dades	112
3.5.2	Escola 2	113
3.5.2.1	Context.....	113
3.5.2.2	Mostra.....	114
3.5.2.3	Justificació.....	115
3.5.2.4	Procés de recollida de dades	115
3.5.3	Escola 3	116
3.5.3.1	Context.....	116
3.5.3.2	Mostra.....	117
3.5.3.3	Justificació.....	117
3.5.3.4	Procés de recollida de dades	117
3.5.4	Grau d'educació primària	118
3.5.4.1	Context.....	119
3.5.4.2	Mostra.....	119
3.5.4.3	Justificació.....	120
3.5.4.4	Descripció de les activitats realitzades i del procés de recollida de dades	120
3.6	ANÀLISI DE DADES	125
3.6.1	Sistema de categories i codis utilitzat	125
3.6.1.1	Categories per a l'anàlisi dels dibuixos	125
3.6.1.2	Categories i codis per a l'anàlisi de les característiques dels cicles.....	127
3.6.1.3	Categories per a l'anàlisi dels escrits argumentatius.....	130
3.6.1.4	Categories i codis per l'anàlisi dels records i l'acció proambiental (EP)	131
3.6.1.5	Categories i codis per l'anàlisi de les metareflexions (GEP)	132
3.7	SÍNTESI DE L'ANÀLISI DE DADES PER A CADA OBJECTIU.....	134
3.7.1	Síntesi del procés metodològic de l'objectiu 1.....	135
3.7.2	Síntesi del procés metodològic de l'objectiu 2.....	135
3.7.3	Síntesi del procés metodològic de l'objectiu 3.....	136
3.8	VALIDACIÓ DE L'ANÀLISI I ALTRES CONSIDERACIONS	136
3.8.1	Triangulació entre investigadores	136

3.8.2	Triangulació de dades.....	138
3.8.3	Aportacions d'altres membres de la comunitat universitària.....	139
3.8.4	Altres consideracions d'interès	139
3.9	ÉTICA I BONES PRÀCTIQUES APLICADES A LA RECERCA	139
3.9.1	Bones pràctiques en la planificació de la recerca.....	140
3.9.2	Bones pràctiques en el desenvolupament de la recerca.....	141
3.9.3	Bones pràctiques en la recollida i custòdia dels materials i dades	142
3.9.4	Bones pràctiques en la difusió dels resultats	142
3.10	SÍNTESI.....	144
4	RESULTATS.....	147
4.1	OBJECTIU 1: RESULTATS DE LA DIAGNOSI DE LA CULTURA AMBIENTAL DE L'AIGUA I DE LES ACTIVITATS QUE HAN AJUDAT A DESENVOLUPAR-LA	147
4.1.1	Anàlisi descriptiva dels resultats sobre la diagnosi de la cultura ambiental de l'aigua 148	
A.	Coneixements del cycle natural	148
B.	Coneixements del cycle urbà.....	150
C.	Coneixement d'accions proambientals	153
D.	Posicionament en la resolució d'un problema ambiental.....	155
E.	Capacitat d'argumentar a favor de l'ús sostenible de l'aigua	157
4.1.2	Anàlisi descriptiva de la contribució de les activitats realitzades en l'aprenentatge 159	
A.	Escola 1	159
B.	Escola 2	162
4.1.3	Anàlisi interpretativa dels resultats de l'objectiu 1.....	165
A.	Causes de les dificultats d'identificar i representar les aigües subterrànies	165
B.	Causes de les dificultats relacionades amb la condensació	166
C.	Causes de les dificultats relacionades amb el cycle urbà.....	172
D.	Causes de les dificultats d'identificar actituds més efectives	175
E.	Altres causes que han influït en els resultats	179
4.1.4	Conclusions de l'objectiu 1.....	180
4.2	OBJECTIU 2: RESULTATS DE LA CONTRIBUCIÓ D'UN PROJECTE DE CURS A LA FORMACIÓ DE LA CULTURA AMBIENTAL DE L'AIGUA.	183
4.2.1	Anàlisi descriptiva dels resultats sobre l'estudi de la formació de la cultura ambiental de l'aigua	183
A.	Coneixements del cycle natural	183

B.	Coneixement del cicle urbà	185
C.	Coneixement d'accions proambientals	189
D.	Posicionament en la resolució d'un problema ambiental.....	191
E.	Capacitat d'argumentar a favor de l'ús sostenible de l'aigua	191
F.	La visió de futur	192
4.2.2	Anàlisi descriptiva de la contribució de les activitats realitzades en l'aprenentatge 194	
A.	Escola 3: grup del projecte	195
B.	Escola 3: els altres grups.....	197
4.2.3	Anàlisi interpretativa dels resultats de l'objectiu 2.....	199
A.	Contribució a la progressió d'identificar i representar les aigües subterrànies..	200
B.	Causes de les dificultats relacionades amb la condensació	201
C.	Contribució a la progressió de la representació del cicle urbà	204
D.	Causes de la progressió en la identificació d'actituds més efectives.....	209
E.	La contribució del projecte envers un compromís amb el futur.....	214
4.2.4	Conclusions de l'objectiu 2.....	215
4.3	OBJECTIU 3: RESULTATS DE LA CONTRIBUCIÓ DE L'ASSIGNATURA DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES A LA FORMACIÓ DEL CONEIXEMENT DIDÀCTIC DEL CONTINGUT DEL CICLE DE L'AIGUA	219
4.3.1	Anàlisi descriptiva dels resultats de la comparació dels coneixements inicials dels estudiants de grau amb els de l'alumnat de primària	219
A.	Comparació del coneixement del cicle natural	220
B.	Comparació del coneixement del cicle urbà	223
C.	Comparació del posicionament en la resolució d'un problema ambiental	226
4.3.2	Anàlisi interpretativa dels resultats de la comparació dels coneixements inicials dels estudiants de grau amb els de l'alumnat de primària	227
4.3.3	Anàlisi descriptiva dels resultats d'aprenentatge després de realitzar la seqüència didàctica	229
A.	Aprenentatges identificats en les representacions del cicle de l'aigua	229
B.	Aprenentatges identificats en les metareflexions.....	234
4.3.4	Anàlisi interpretativa de la contribució de les activitats en l'aprenentatge dels futurs mestres	238
A.	Motius que expliquen la contribució de les activitats en l'aprenentatge	240
B.	Motius que expliquen les dificultats no superades.....	241
4.3.5	Conclusions de l'objectiu 3.....	244

4.4	RESULTATS OBJECTIU 4: CONSTRUIR UN MAPA D'IDEES I DE PROGRESSIÓ QUE ORIENTI LA FORMACIÓ D'UNA NOVA CULTURA AMBIENTAL DE L'AIGUA.....	247
4.4.1	Presentació	247
4.4.2	Proposta de nivells de progressió sobre el procés de condensació	247
4.4.2.1	Anàlisi dels nivells de progressió del concepte condensació en els estudiants de grau	248
4.4.2.2	Anàlisi dels nivells de progressió del concepte condensació en l'alumnat de primària	251
4.4.2.3	Síntesi.....	254
4.4.3	Proposta de nivells de progressió per la qüestió de l'energia	254
4.4.4	Proposta de mapes d'idees per a la formació d'una nova cultura ambiental de l'aigua	256
4.4.4.1	El mapa del cicle natural de l'aigua	258
4.4.4.2	El mapa del cicle urbà de l'aigua.....	259
4.4.4.3	El mapa del consum i la conservació de l'aigua.....	260
4.4.4.4	Mapes-resum.....	261
5	CONCLUSIONS.....	265
5.1	LA DIAGNOSI DE LA CULTURA AMBIENTAL DE L'AIGUA	265
5.2	ELS RECURSOS QUE OFEREIX LA COMUNITAT PER A LA FNCAA.....	270
5.3	LA FORMACIÓ INICIAL DEL PROFESSORAT I LA FNCAA.....	275
5.4	LA PLANIFICACIÓ DELS PROJECTES O UNITATS DIDÀCTIQUES PER A LA FNCAA ..	276
5.5	PER FINALITZAR.....	279
5.6	REFLEXIONS SOBRE L'INTERÈS, LES LIMITACIONS I LA CONTINUÏTAT DE LA INVESTIGACIÓ.....	280
	BIBLIOGRAFIA	285
	ÍNDEX DE FIGURES, TAULES I ALTRES	299
	Relació de figures.....	299
	Relació d'il·lustracions	301
	Relació de taules.....	302
	Relació de gràfics	303
	Relació de mapes	303

1.

Justificació



1 JUSTIFICACIÓ DE LA RECERCA

1.1 PRESENTACIÓ DE L'OBJECTE D'ESTUDI

L'Educació Ambiental a Catalunya té un bagatge històric d'uns 40 anys. Encara que els seus inicis van molt més enllà, és a partir del segle XX quan entra amb força de la mà de grans mestres (Rosa Sensat, Angeleta Ferrer, Alexandre Galí, Artur Martorell,...) que impulsen escoles (Escola del Bosc de Montjuïc, Institut-Escola, escoles Montessori...) en les que centren l'observació de la natura com a la base de la pedagogia activa (Terradas, 2010). Una de les fites que van impulsar-la va ser la creació del primer itinerari de natural ubicat al Bosc de Santiga l'any 1975 creat pel Departament de Botànica de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Aquest itinerari va desencadenar-ne el disseny d'altres, la creació de nous equipaments, l'organització de cursos de formació i de conferències que van donar un impuls important a l'EA (Espineta, Junyent, Amat, & Castellort, 2015; Terradas, 2010).

Actualment, tot i que la crisi econòmica està afectant a les polítiques educatives i ambientals a conseqüència de les retallades pressupostàries, l'EA continua activa i el seu discurs està molt present en una societat que a més d'una crisi econòmica, també pateix una crisi social, ambiental i política important. En aquest context, l'EA esdevé una eina que *pot i ha* de crear nous marcs de reflexió sobre el model de societat que volem i de formació de ciutadans actius i compromesos en la construcció d'un futur sota el prisma de la sostenibilitat. I en aquest sentit, l'escola té un paper important ja que diverses recerques dutes a terme en l'àmbit de les experiències de vida significatives (Chawla, 1999, 2006; Li & Chen, 2014; Palmer & Suggate, 1996) han demostrat la importància de les experiències viscudes a l'escola en aquelles persones que es mostren molt compromeses amb les qüestions ambientals.

En una investigació avaluativa realitzada l'any 1985 en l'àmbit de l'educació ambiental (Udina & Canals, 1985) s'afirmava que *“les escoles encara no havien assumit com a tema preferent la temàtica del medi ambient i que, en la majoria de casos, les iniciatives sorgien dels propis mestres que, motivats per inquietuds difuses, no sempre mostraven una visió clara del que representava educar els nois i noies perquè adoptin una actitud participativa en la protecció i millora del medi”*. En aquest estudi també es remarcava la necessitat de potenciar la relació societat-escola i es reivindicava tant la importància del contacte de l'Escola amb el món exterior com la importància que els diferents estaments de la societat (grups, institucions, entitats...) assumissin la seva “quota d'educació”.

Aquella realitat de 1985 ha canviat radicalment, especialment en aquests darrers 15 anys, ja que s'han multiplicat el nombre d'iniciatives i projectes que desenvolupen els centres educatius. Mostra d'això és, per exemple, que en el curs 14-15 un 28% dels

centres educatius de Catalunya formen part de la Xarxa d'Escoles per a la Sostenibilitat de Catalunya. Aquest impuls s'ha donat, de manera molt resumida, per dos grans motius. En primer lloc, perquè el marc curricular de referència recull la importància d'abordar les qüestions socio-ambientals (Generalitat de Catalunya, 2009, 2015). En segon lloc, perquè la creació de programes d'EA dirigits als centres escolars i impulsats des d'institucions públiques i privades diverses també han estat un motor per innovar i consolidar noves pràctiques en aquest camp¹. I en tercer lloc, perquè la comunitat en general (entitats, empreses d'educació,...) ha posat a l'abast dels centres educatius, activitats i recursos de qualitat per desenvolupar les seves propostes d'EA (visites a instal·lacions, equipaments d'educació ambiental, programes d'activitats escolars, museus, etc.).

Per tant, podem dir que trenta anys després de la cita esmentada, la situació ha canviat molt i la societat ha fet els “deures” i ha anat assumint la “quota d'educació” que li pertocava. El territori i la comunitat s'ha dotat d'equipaments, programes i recursos per donar suport i enriquir la tasca que es fa des dels centres. I a mesura que ha augmentat aquest suport, les escoles han passat de realitzar activitats molt concretes i puntuals a d'altres més diverses i integrades a les programacions. Aquesta oferta també ha anat evolucionant en qualitat a través de la incorporació d'estratègies d'avaluació que han permès garantir la formació contínua dels equips educatius i millorar la qualitat de l'oferta educativa. Moltes d'elles promogudes des de l'administració pública i des d'organitzacions com la Societat Catalana d'Educació Ambiental (SCEA) o les Universitats.

Però hi ha estudis (Gayford, 2009) que indiquen que un dels punts febles de l'educació ambiental és que l'alumnat continua tenint pocs coneixements i un nivell baix de comprensió de les problemàtiques ambientals. Per aquest motiu diferents investigadors (Gayford, 2002; Littleddyke, 2008; Sauvé, 2010) destaquen els beneficis de desenvolupar processos educatius que integrin l'educació científica i l'educació ambiental perquè es beneficien mútuament: ajuden a millorar l'interès i l'aprenentatge de les ciències al mateix temps que promouen la capacitat i desig per actuar a favor de l'ambient.

En aquest sentit, la investigació que es presenta pretén aprofundir en aquesta qüestió a través del context de l'aigua. Una temàtica que es troba molt integrada en els continguts curriculars de l'àrea de coneixement del medi i que al mateix temps, ha estat un dels contextos més escollits per iniciar projectes d'educació ambiental per part de les escoles implicades en Programes com A21E o EV. A més a més, la temàtica de l'aigua és un àmbit en el que s'han ofert molts recursos des de la comunitat i el territori (visites a instal·lacions, publicacions, tallers, etc.). Per aquest motiu s'ha considerat d'interès identificar quins enfocaments didàctics i quines activitats ajuden a promoure

¹ Els Ajuntaments, el Departament de Medi ambient i d'Educació del Govern de Catalunya, l'Àrea Metropolitana de Barcelona, la Societat Catalana d'Educació Ambiental, les Escoles de Natura, entre d'altres han posat en marxa diversos programes com les Agenda 21 Escolars, Escoles Verdes, Programes d'activitats escolars, entre d'altres.

l'aprenentatge de continguts científics sobre l'aigua al mateix temps que afavorir actituds i comportaments ambientals a favor de la conservació dels recursos hídrics.

Som conscients que les actituds i els comportaments s'aprenen principalment des de l'entorn familiar però l'escola també pot influir-hi perquè pot ajudar a l'alumnat a "apropiar-se" o "atrapar" bones pràctiques si aquestes es "viuen" en els centres i perquè també poden ajudar a reflexionar i construir arguments a favor d'un consum més sostenible dels recursos naturals. A més a més, l'escola del segle XXI té el repte de plantejar qüestions de gran rellevància social però que encara no estan prou presents en la cultura general de la nostra societat, com és el cas de la crisi ambiental mundial que en el cas d'aquest estudi, exemplifiquem en el context de la crisi ambiental de l'aigua.

D'altra banda, també cal esmentar que la investigació en l'àmbit de l'educació ambiental ha centrat bona part de la seva atenció en l'avaluació de les activitats externes amb la finalitat de recollir evidències sobre la seva efectivitat en la promoció de nous comportaments, actituds, etc. Aquestes avaluacions també han permès identificar criteris de qualitat per orientar el disseny de noves activitats o la millora de les activitats existents. Exemples d'aquest interès a casa nostra en són les diverses publicacions que s'han realitzat orientades a millorar la qualitat de les propostes d'educació ambiental que s'ofereixen des de l'educació no formal (Castelltort & Sanmartí, 2006; Mayer, Breiting, Varga, & Morgersen, 2007; Societat Catalana d'Educació Ambiental, 2011). Una de les investigacions que han constituït un referent important per aquest treball ha estat la desenvolupada per Gómez-Granel & Moreno (1989) a partir dels materials elaborats per Sanmartí & Pujol (1990).

Però en canvi, hi ha poques recerques que analitzin l'aprofitament del conjunt de recursos i activitats que arriben als centres educatius. En un estudi recent (Falk et al., 2015) en l'àmbit de l'educació científica es destaca la necessitat d'estudiar la complexitat del sistema de recursos que s'ofereixen a nivell de comunitat. En aquest treball s'assumeix la idea de que s'aprenen ciències dins i fora de l'escola a partir dels recursos i el treball en xarxa de la comunitat. I afirmen que és necessari l'estudi d'aquests sistemes per tal d'identificar potencialitats i debilitats en l'estructura i funcionament per millorar la seva gestió i fer-la més efectiva.

En el cas de l'aigua, és destacable el gran nombre de programes, equipaments i recursos que ofereix la comunitat (institucions, empreses, entitats...) cap a les escoles. En el cas de Barcelona l'oferta principal d'activitats sobre l'aigua es vehicula a través dels programes: Com funciona Barcelona (Ajuntament de Barcelona); Compartim un futur (Entitat del Medi Ambient de l'Àrea Metropolitana de Barcelona); Programes Educatius d'Aigües de Barcelona; El Museu de les Aigües. També cal destacar altres recursos que ofereix el Programa Barcelona Escoles + Sostenibles (BcnE+S), el Servei de Documentació d'Educació Ambiental i la Societat Catalana d'Educació Ambiental com publicacions, material didàctic, reculls de recursos, jocs, etc. També fora de l'àmbit metropolità existeixen nombroses propostes educatives vinculades al coneixement del

medi natural (sortides a espais naturals, recorreguts pel curs fluvial d'un riu, estudi de l'estat ecològic dels rius, etc.).

El paper de les activitats viscudes “fora de classe” o promogudes per a persones externes a l'escola (expertes) han estat destacades per molts autors (Dillon et al., 2006; Medir, Heras, & Geli, 2013; Del Carmen, 2010; Pedrinaci, 2012) per oferir oportunitats d'aprenentatge estimulats i significatives. Són experiències que acaben perdurant en la memòria dels nens i nenes i esdevenen punts “d'anclatge” de nous coneixements i de reflexió per promoure noves actituds que estimulin comportaments més sostenibles

Per aquest motiu, aquest treball també pretén investigar com s'aprofiten aquests recursos des dels centres, quines són les potencialitats i els riscos d'aquestes propostes i quins efectes tenen en l'aprenentatge dels nens i nenes. Perquè pensem que és important que existeixi una oferta de qualitat però també és imprescindible que aquestes experiències no siguin fets puntuals i que el professorat les situï en el moment més adequat del procés d'aprenentatge de l'alumnat.

1.2 FINALITATS, PREGUNTES I OBJECTIUS

Aquesta recerca ha estat motivada per l'interès d'evidenciar el valor educatiu de la relació entre l'escola, la comunitat i el territori, és a dir, de com les activitats i recursos que s'ofereixen a les escoles tenen un efecte en l'aprenentatge de l'alumnat. Interessa aprofundir en com el professorat aprofita les activitats externes a l'hora de desenvolupar les seves propostes d'educació ambiental per identificar què cal mantenir, afegir o millorar per tal que aquest aprofitament sigui encara més efectiu.

Amb aquest treball ens agradaria aportar arguments perquè, en un temps de crisi com l'actual, la comunitat mantingui el compromís de continuar posant a l'abast dels centres recursos i activitats de qualitat. I que a la vegada, l'escola i el professorat no perdin l'interès per explorar i conèixer les propostes que poden enriquir els seus programes i les vivències del seu alumnat.

Com s'explicarà més endavant, la recerca s'ha plantejat com a un estudi de casos ja que aquesta perspectiva metodològica ens ha permès endinsar-nos als centres i conèixer de ben a prop les experiències realitzades. A més a més, s'han escollit centres que haguessin tractat una mateixa temàtica (l'aigua) i que formessin part del Programa BcnE+S.

La finalitat de la investigació és identificar les condicions i les activitats que contribueixen a un aprenentatge més significatiu sobre la qüestió de l'aigua des de una mirada científica i ambiental.

Les preguntes de la recerca són:

1. Quins coneixements científics i ambientals té l'alumnat de primària sobre l'aigua?
2. Quines condicions, activitats i enfocaments educatius poden contribuir a millorar-los?

Els **objectius generals** d'aquesta investigació són

- **Objectiu 1:** Diagnosticar la cultura ambiental de l'aigua i de les activitats que han ajudat a desenvolupar-la.
- **Objectiu 2:** Analitzar la contribució d'un projecte de curs a la formació de la cultura ambiental de l'aigua.
- **Objectiu 3:** Analitzar la contribució de l'assignatura de didàctica de les ciències a la formació del coneixement didàctic del contingut del cicle de l'aigua.
- **Objectiu 4:** Construir una proposta de mapes d'idees i de progressió que orienti la formació d'una nova cultura ambiental de l'aigua.

1.3 ORGANITZACIÓ GENERAL DE LA MEMÒRIA

La memòria està organitzada en cinc capítols:

L'objecte d'estudi, les preguntes i els objectius de la recerca s'han presentat breument en aquest primer capítol.

El marc teòric, es desenvolupa en el segon capítol i es construeix al voltant de quatre idees principals: a) la visió d'Educació Ambiental que s'ha pres com a referència; b) els beneficis de la relació entre l'Educació Ambiental i l'Educació Científica; c) la crisi ambiental de l'aigua i el reptes actuals i de futur que justifiquen la seva rellevància educativa i d) com des de la investigació educativa i les pràctiques d'aula s'afavoreix la cultura ambiental de l'aigua a l'escola.

El marc metodològic constitueix el tercer capítol. S'exposa i es justifica el disseny metodològic, la mostra, les tècniques i els instruments dissenyats per a la recollida d'informació. També es detalla el procés seguit per a cada cas d'estudi i el sistema de codis i categories utilitzats per a l'anàlisi. El capítol finalitza exposant com s'han considerat les qüestions ètiques al llarg del desenvolupament de la recerca.

Els resultats s'inclouen en el quart capítol i es presenten agrupats per objectius. Per facilitar la lectura, cada resultat té dos nivells d'anàlisi -una anàlisi descriptiva i una anàlisi interpretativa- i finalitza amb un apartat de conclusions específiques per a cada objectiu.

Les conclusions finals del capítol cinquè, interrelacionen els resultats més destacats d'aquesta recerca agrupats en quatre grans àmbits: a) la diagnosi de la cultura ambiental

de l'aigua a l'escola; b) els recursos que ofereix la comunitat i el territori cap a les escoles; c) la formació inicial del professorat; d) la planificació de projectes o unitats didàctiques de l'aigua.

La bibliografia i els annexos inclosos en el CD adjunt tanquen el contingut d'aquesta memòria.

2.

Marc teòric



2 MARC TEÒRIC

2.1 L' EDUCACIÓ AMBIENTAL

*L'educació no canvia el món, però canvia a les persones
que canviaran el món
(Paulo Freire)*

En aquest apartat es presenta la visió d'educació ambiental que es pren com a referència per a aquesta recerca. Es comença amb un breu apunt històric per a mostrar-ne la seva evolució cap a la idea de capacitar per actuar o competència per a l'acció i es desenvolupen algunes de les idees-claus que l'afavoreixen tot indicant com aquestes s'han considerat en el desenvolupament de la recerca. Finalment, es ressalten algunes qüestions sobre els beneficis d'integrar propostes d'educació ambiental i educació científica en el marc de l'educació formal.

2.1.1 BREU TRAJECTÒRIA, INTENSA (R)EVOLUCIÓ

Al llarg de la trajectòria de l'Educació Ambiental (EA), breu però intensa, s'hi han desenvolupat diverses tendències que mostren que l'EA és un camp en evolució constant, que recull els canvis i els reptes que es plantegen des de la societat. Per aquest motiu, al llarg de la història de l'EA s'han elaborat diferents definicions i també s'han utilitzat altres denominacions com educació per a la sostenibilitat o educació per al desenvolupament sostenible per ressaltar-ne els nous plantejaments.

Alguns autors han analitzat aquesta evolució. A nivell estatal Garcia (2002) defineix tres models d'educació ambiental existents: (a) model inicial de caràcter naturalista centrat en la comprensió del medi i dels conceptes ecològics i en la investigació de l'entorn; (b) model predominant de caràcter ambientalista centrat en la comprensió i conscienciació per preservar el medi però que no qüestiona el sistema de producció i consum establerts; (c) model pròxim al desenvolupament sostenible i al canvi social.

A nivell internacional, Sauvé (2004) identifica fins a 15 corrents d'educació ambiental que cartografien la diversitat de maneres possibles que miren d'assolir els objectius de l'EA (taula 1). Aquesta diversitat també ha generat un intens debat envers quin és el que hauria de caracteritzar l'EA i que Sauvé, planteja que cal superar per apostar per a una mirada integradora de les diferents corrents existents. Doncs considera que totes les visions són necessàries, vàlides i valuoses en funció dels objectius que es plantegin en cada context.

Taula 1. Síntesi de les 15 corrents d'EA

Naturalista	Es centra amb la relació amb la natura. L'enfocament educatiu pot ser cognitiu (aprendre coses sobre la natura), d'experiència (viure la natura i aprendre d'ella) o afectiu, espiritual o artístic (associant la creativitat humana amb la natura).
Conservacionista/recur-sista	Es preocupa per la gestió del medi ambient o la gestió ambiental. Agrupa les propostes orientades a la conservació dels recursos, tant pel què fa a la seva qualitat com quantitat (aigua, sòl, energia, biodiversitat,...).
Resolutiva	Planteja informar o conduir a les persones a informar-se sobre les problemàtiques ambientals així com desenvolupar habilitats per a intentar resoldre'ls. Aquesta corrent adopta la visió central de l'EA proposada per la UNESCO (1975-1995).
Sistèmica	Proposa identificar els diferents components d'un sistema ambiental i les relacions que s'hi estableixen entre ells, entre els elements biofísics i els elements socials d'una situació ambiental. Aquest enfocament sistèmic, procedent de l'àmbit de l'ecologia, permet conèixer i comprendre adequadament les realitats i problemàtiques ambientals.
Científica	Posa èmfasi en el procés científic amb l'objectiu d'estudiar les realitats i problemàtiques ambientals i comprendre-les millor tot identificant les relacions de causa i efecte. El procés està centrat en l'elaboració d'hipòtesis, les observacions i la verificació d'aquestes mitjançant noves observacions o l'experimentació.
Humanista	Posa l'èmfasi en la dimensió humana del medi ambient, és a dir, el medi construït, la natura i la cultura. A més del patrimoni natural integra les dimensions històriques, culturals, polítiques, econòmiques, estètiques, etc.
Moral/ètica	Posen èmfasi en el desenvolupament de valors ambientals. Alguns "prescrivint" un codi de comportaments socialment desitjables. D'altres impulsant una veritable "competència ètica" en la construcció del propi sistema de valors. També proposa analitzar els valors dels protagonistes d'una situació i clarificar els propis valors en relació a les pròpies accions.
Holística	Proposa abordar les realitats ambientals de manera diferent d'aquelles que van contribuir al deteriorament del medi ambient. Integra visions. Per això proposa incloure les múltiples dimensions de les realitats socio-ambientals, les diverses dimensions de la persona que entra en relació amb aquestes realitats (cosmovisions), i la globalitat i la complexitat de les relacions que s'hi estableixen. El conjunt d'aquestes dimensions donen el sentit holístic d'aquesta perspectiva.
Bio-regionalista	Centra l'EA en el desenvolupament d'una relació preferent amb el medi local o regional i en el desenvolupament d'un sentiment de pertinença al territori i en el compromís a favor de la valorització d'aquest medi. Es tracta en definitiva "d'aprendre a re-habitar la Terra".
Pràctica	Es posa l'èmfasi en l'aprenentatge de l'acció per l'acció i per millorar-la, sense desenvolupar prèviament els coneixements i les habilitats per portar-la a terme. L'aprenentatge es desenvolupa en la reflexió durant l'acció o desenvolupament del projecte.
Crítica social	Insisteix en l'anàlisi de les dinàmiques socials que es troben a la base de les realitats i problemàtiques ambientals: anàlisi d'intensions, de posicions, d'arguments, de valors implícits i explícits, de decisions i d'accions dels diferents protagonistes d'una situació.
Feminista	Analitza i denuncia les relacions de poder dins dels grups socials. Posa l'accent en les relacions de poder que els homes encara exerceixen en certs contextos sobre les dones i sobre la necessitat d'integrar les perspectives i valors feministes en la governança, la producció, el consum i l'organització social.
Etnogràfica	Posa l'accent en el caràcter cultural de la relació amb el medi ambient. L'EA no ha d'imposar una visió del món sinó que ha de tenir en compte la cultura de referència de les poblacions o de les comunitat implicades.
Eco-educació	La perspectiva educativa de l'EA no es planteja resoldre problemes ambientals sinó aprofitar la relació amb el medi ambient pel desenvolupament personal i com a fonament per actuar de manera significativa i responsable.
Sostenibilitat	Proposa que l'educació sigui una eina per assolir els objectius del desenvolupament sostenible. Es tracta d'aprendre a utilitzar racionalment els recursos d'avui per tal que n'hi hagi per a tothom i per satisfer les necessitats del futur.

Font: Sauvé (2014).

Una de les finalitats de l'EA definides que continua sent un marc de referència força compartit és la que es recull a la Carta de Belgrad (1975, p.13)² ja que es troba citada en nombrosos documents, entre els quals hi ha l'Estratègia Catalana d'Educació Ambiental (2003):

“La finalitat de l'Educació Ambiental és aconseguir que la població mundial prengui consciència del medi ambient i s'interessi per ell i pels problemes relacionats, i que compti amb els coneixements, les actituds, les aptituds, la motivació i el desig necessaris per treballar individualment i col·lectivament en la recerca de solucions als problemes actuals i per prevenir els que puguin aparèixer d'ara endavant”.

A més, alguns dels objectius descrits a la Carta de Belgrad continuen constituint eixos importants de les pràctiques de l'educació ambiental (la consciència, el coneixement, l'actitud, l'aptitud, la participació). Tot i que aquests també han evolucionat i s'hi han afegit d'altres que, juntament amb nous enfocaments metodològics, pretenen contribuir a afrontar els reptes del desenvolupament sostenible de manera més efectiva. Aquesta evolució es pot copsar en els objectius descrits per la UNESCO en el marc de la Dècada de l'Educació per al Desenvolupament Sostenible (2004-2015)³:

“L'educació per al Desenvolupament Sostenible (EDS) té per objectiu ajudar a les persones a desenvolupar les actituds, les competències, les perspectives i els coneixements per prendre decisions ben fonamentades i per actuar a favor del seu propi benestar i el dels altres, en el moment actual i en el futur. L'EDS ajuda als ciutadans del món a trobar el seu camí cap a un futur més sostenible”

Una de les evolucions més destacables en les pràctiques de l'educació ambiental, ha estat passar d'una visió més conductual (centrada en promoure canvis en els comportaments) a una visió centrada en la capacitat per a l'acció (Breiting, 1999; Caride & Meira, 2001; Franquesa, 2006; Garcia, 2002; Gutiérrez Bastida, 2013; Sanmartí & Pujol, 2002; Tilbury, 2011)

Aquesta visió de l'EA, segons Pujol i Sanmartí (2002), implica desenvolupar capacitats que possibilitin incidir conscientment en la presa de decisions individuals i col·lectives tenint en compte com a marc les "regles de joc" de les societats democràtiques. Aquestes capacitats es relacionen sobretot amb el pensament crític, la reflexió i la participació.

² Carta de Belgrad (1975) <http://unesdoc.unesco.org/images/0001/000177/017772sb.pdf>

³ <http://www.unesco.org/new/es/education/themes/leading-the-international-agenda/education-for-sustainable-development/three-terms-one-goal/>

Taula 2. Principals transformacions de l'EA cap a una visió més competencial

De:	A:
<ul style="list-style-type: none"> • Transmetre coneixements i mostrar els símptomes • Ensenyar actituds i valors • Veure les persones com a problema 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprendre la complexitat dels problemes i analitzar les seves causes • Fomentar l'aclariment de valors • Veure les persones com a facilitadores del canvi
<ul style="list-style-type: none"> • Emetre missatges o transmetre informació 	<ul style="list-style-type: none"> • Afavorir el diàleg, la negociació, la participació i l'acció
<ul style="list-style-type: none"> • Comportar-se com a un expert (formalitat i autoritarisme) • Fomentar la sensibilització i la consciència 	<ul style="list-style-type: none"> • Comportar-se com a un col·lega (informalitat i igualitarisme) • Canviar els models mentals que influeixen en les decisions i l'acció
<ul style="list-style-type: none"> • Transformar el comportament 	<ul style="list-style-type: none"> • Posar més atenció als canvis estructurals i institucionals i fomentar l'acció en la transformació i millora de l'entorn proper

Font: Adaptat de Tilbury (2011) i incloent propostes de Franquesa (2006)

Dins el marc educatiu actual basat en una orientació competencial, alguns autors (Breiting, Hedegaard, Mogensen, Nielsen, & Schnack, 2009) utilitzen el concepte *competència per actuar*, un concepte que inclou aspectes cognitius, basats en valors socials i personals.

En síntesis, tot i aquesta evolució i actualització, l'educació ambiental continua sent un àmbit de coneixement i d'acció pluriparadigmàtic ja que coexisteixen nombroses iniciatives amb enfocaments ben diversos.

2.1.2 IDEES CLAU PER DESENVOLUPAR LA COMPETÈNCIA PER ACTUAR

La competència per actuar implica facilitar eines per a què les persones compreguin les causes de la problemàtica ambiental, identifiquin solucions, prenguin decisions (tant individual com col·lectives) i puguin transferir aquests sabers cap a l'actuació en d'altres situacions o problemàtiques actuals i futures (Breiting, Mayer, & Mogensen, 2005; Breiting, 1999; Sanmartí & Pujol, 2002). La competència per actuar es caracteritza per la seva intencionalitat que ve donada per entendre i saber argumentar els motius que guien una acció (Breiting et al., 2009) i també implica, segons Mogensen et al (2007), desenvolupar plantejaments crítics, reflexius i participatius.

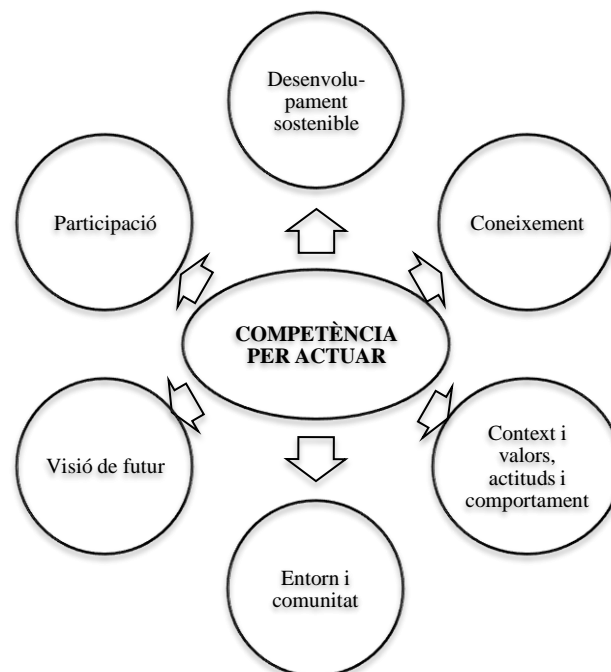
La raó per la qual es considera imprescindible aquest eix -en contraposició a limitar-se a la modificació de la conducta- Breiting (1999) la resumeix en dos arguments principals. El primer, perquè és molt difícil identificar quins seran els problemes ambientals del futur. I el segon, perquè no hi ha una solució única o correcte sinó que les solucions que es defineixen com adequades o òptimes depenen del moment, del context, dels antecedents, dels propis valors i prioritats. Per tant, si les problemàtiques ambientals són dinàmiques, complexes i diverses, les solucions també ho han de ser. A més, també cal

afegir la importància que aquesta competència ajudi a preveure i prevenir l'aparició de nous problemes.

La competència per actuar cal fomentar-la tant a nivell individual com a nivell col·lectiu. A nivell individual implica desenvolupar els propis recursos per fer front a les situacions i a nivell col·lectiu implica dotar la comunitat de sistemes adequats que li permeti actuar (Franquesa, 1997) i afavorir l'existència de grups socials que actuïn, que trobin plaer en fer-ho i que es desenvolupin en ambients que siguin emocionalment estimulants (Sanmartí i Pujol, 2002).

En aquest sentit, als centres educatius tenen una posició privilegiada per fomentar aquesta competència donat que com a grup o comunitat que són, poden incidir en la transformació i millora del seu entorn i en les relacions que s'hi estableixen. Aquesta oportunitat permet a l'alumnat reconèixer la seva responsabilitat en la prevenció dels problemes i en la solució d'aquests, entenent que són alhora part del problema i de la solució. I afegir, com destaquen Sanmartí i Pujol (2002), que millorar l'entorn permet ajudar als joves a reconèixer que tenen la possibilitat d'actuar, que poden influir en els canvis mitjançant la seva participació i així s'estimulen actituds com el desig o l'interès de dur a terme accions a favor d'un desenvolupament més sostenible. A la Figura 1 es mostren algunes de les idees-clau que contribueixen a desenvolupar la competència per actuar i que han estat un marc de referència a l'hora d'escollir els casos d'estudi d'aquesta investigació.

Figura 1. Idees-clau que contribueixen a desenvolupar la competència per actuar



Font: elaboració pròpia

A continuació es descriu breument cadascuna d'aquestes idees de manera separada tot i que existeixen nombroses relacions entre elles.

2.1.2.1 Visió de desenvolupament sostenible

El terme de sostenibilitat va ser definit per primera vegada a l'Informe Brundtland (1987)⁴ com a “*una forma de desenvolupament basat en satisfer les necessitats de la generació actual sense comprometre la capacitat per satisfer les necessitats de les generacions futures*”.

Des del 1987 fins l'actualitat, la població mundial ha augmentant d'uns quasi 5 mil milions d'habitants a més de 7 mil milions de persones (2015) i es preveu a arribar als 10 mil milions a finals de segle. Aquest augment de la població, juntament amb el creixement econòmic ha accelerat de manera espectacular la pressió sobre tot el sistema (aigua, aliments, terra, energia, etc.). En el treball d' Emmott (2013) es recullen dades científiques sobre l'evolució d'aquesta pressió i l'autor conclou que, ens trobem en una situació de perill sense precedents i que aquesta, només es pot capgirar si som capaços de reconèixer els límits del planeta i mobilitzar-nos per solucionar els problemes que estem generant. Tot i que no aprofundeix en les mesures que cal emprendre, només apunta que cal modificar radicalment la nostra conducta però que malauradament, no hi ha indicis ni interès en promoure aquest canvi radical.

Existeix un debat important sobre els models socioeconòmics i les conseqüències ambientals i diversos autors consideren que avançar cap a un desenvolupament sostenible implica qüestionar i fer canvis de fons al model actual. Aquests models han anat evolucionant i un dels darrers plantejats des de l'ICLEI⁵ anima als governs locals a recolzar l'economia verda. Un dels principals arguments és que l'economia verda (veure figura 2) reconeix els valors dels ecosistemes i recursos naturals i els beneficis econòmics, ecològics i socials de les activitats econòmiques. I entén que l'economia ha de millorar la societat (millorar les condicions laborals, millorar la salut, reduir la pobresa, entre d'altres).

⁴ United Nations General Assembly (1987) *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427 - Development and International Co-operation Environment.

⁵ Un resum de la proposta de l'ICLEI es pot consultar en aquest full informatiu http://www.iclei.org/fileadmin/PUBLICATIONS/Briefing_Sheets/Spanish_Briefing_Sheet_Green_Urban_Economy.pdf

Figura 2. El paper de l'economia verda en el desenvolupament sostenible

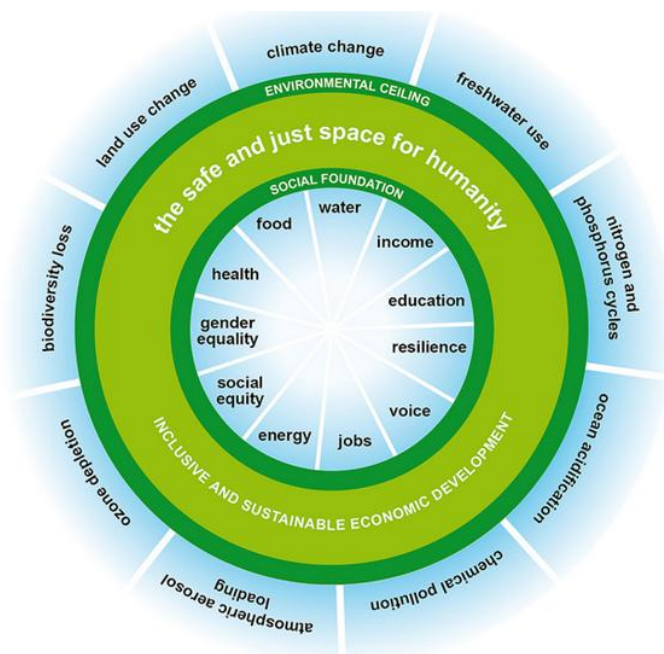


Font: ICLEI, 2010.

Un altre model plantejat per Rockström et al. (2011) i conegut popularment com "el donut" (Figura 3) planteja la necessitat de que el desenvolupament econòmic trobi la manera de situar la humanitat en aquell espai segur i just del qual la humanitat s'ha pogut beneficiar durant més de 10.000 anys. Malauradament, la recerca que ha realitzat aquest grup d'investigadors en relació als 9 ítems (aigua, menjar, salut, etc.) identificats per mantenir aquest planeta dins un estat estable i beneficiós mostren que actualment, s'està molt lluny d'aquest "donut" o espai segur (Raworth, 2012).

En aquesta mateixa línia, altres autors (Griggs, Stafford-Smith et al., 2013) han replantejat la definició clàssica de desenvolupament sostenible proposada en l'Informe Brundtland (1987): "el desenvolupament que satisfà les necessitats del present salvaguardant el suport bàsic de la Terra per a la vida, del qual depèn el benestar de les generacions actuals i futures".

Figura 3. Model de desenvolupament en un espai segur i just per la humanitat



Font: extret de Raworth (2012)

En aquest sentit, el decreixement econòmic, impulsat per Serge Latouche, és un marc que planteja la necessitat de produir i consumir menys perquè ja no és possible un creixement econòmic continuu en un planeta limitat i que cal buscar nous models.

Aquests nous models, com resumeix Pigem (2011)⁶, haurien de reintegrar l'economia a la biosfera i a la societat i fomentar una nova manera de veure i entendre el món. I aquest, és un procés lent perquè s'estanca contínuament pel "compromís" polític amb el creixement econòmic (Jackson, 2011). Segons aquest autor, la prosperitat sense creixement, com s'ha vist amb la crisi iniciada al 2008, ja no és una utopia sinó una necessitat tant financera com ecològica.

Tanmateix, promoure aquesta nova prosperitat implica decidir quina mena de mesures cal emprendre i això no genera tant consens, ni polític ni social ni personal com podria semblar (Sanmartí & Tarin, 2000). Aquesta manca de consens, en certa manera també ha estat exposada per Huckle & Wals (2015) a través de les seves crítiques sobre el desenvolupament de la Dècada de l'Educació per al Desenvolupament Sostenible (DEDS) promoguda per la UNESCO. Els autors consideren que no s'ha aprofundit en qüestions de fons de manera intencionada perquè la mateixa institució està influenciada pels interessos de països contraris a una veritable transformació social i econòmica.

Tanmateix, i des d'una altra perspectiva, l'educació ambiental que es promou des dels contextos reals (educatius, socials, entre d'altres) continua avançant en el seu camí cap a formes de vida més sostenibles. Un indicador d'aquest avanç són el nombre d'experiències sòlides que s'han anat desenvolupat en aquests darrers anys i que constitueixen marcs de treball que encoratgen als centres a qüestionar el model actual. Un exemple clar, s'exposa a la Nova Guia per a fer l'Agenda 21 Escolar de Barcelona (Weissmann & Franquesa, 2011a):

“Treballant activament per construir una nova cultura que qüestionï els principis que mou la societat actual, que integri l'existència de límits, que assumeixi que el desenvolupament humà no ha d'anar només lligat al creixement econòmic, que desvinculi la satisfacció al consum, que millori l'eficiència en l'ús dels recursos naturals i es fomenti el prudència (en contra la prepotència)”.

2.1.2.2 La importància del coneixement

Han estat nombroses les investigacions en el camp de l'EA que s'han centrat en cercar les relacions entre els coneixements i els canvis d'actituds i comportaments. Els resultats no sempre han confirmat aquesta relació causal i existeix un consens respecte a que el coneixement és necessari però no és suficient per garantir aquests canvis (Hungerford & Volk, 1990).

⁶ El CADS (Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible) publica periòdicament informació i recursos sobre el desenvolupament sostenible de Catalunya http://www15.gencat.cat/cads/AppPHP/images/stories/publicacions/paperssostenibilitat/2011/entendre_la_natura_pds_17_web.pdf

Desenvolupar la competència per actuar requereix activar l'aprenentatge de diferents disciplines, sent les ciències socials i les ciències naturals de les més destacades. Uns coneixements que han d'ajudar a les persones a construir models explicatius sobre els fenòmens del món i a l'alumnat a relacionar els propis models mentals amb els models conceptuals de les disciplines per comprendre els processos que es desenvolupen, planificar accions i preveure'n les conseqüències (Bonil, Junyent, & Pujol, 2010).

Diversos autors aprofundeixen en el paper de l'educació científica en l'alfabetització ambiental de la societat. Segons Gough (2002) aquesta educació científica-ambiental o ecocientífica hauria: d'integrar conceptes científics; orientar-se a les problemàtiques; considerar aspectes científics des del sistema real (i no de l'abstracció); reconèixer la necessitat de les aportacions de les altres disciplines; considerar el context local com a una oportunitat de generar coneixement local, informant i orientant cap a l'acció.

Tilbury (2011) també destaca la importància del coneixement dels valors i teories relacionades amb la sostenibilitat i afegeix la importància de l'aprenentatge de procediments, habilitats i valors com l'aprendre a formular-se preguntes crítiques, a plantejar-se futurs més positius i sostenibles, a pensar de manera sistèmica i a respondre a situacions d'aprenentatge aplicades i aclarir els propis valors. En relació als valors, Mayer (1998) afegeix la importància de fer-los explícits, que siguin examinats i que es posin en evidència les contradiccions existents.

Una altra de les habilitats importants es relaciona amb la capacitat d'argumentar i de treballar en equip. L'argumentació és rellevant des d'un punt de vista social i cultural perquè ajuda a valorar aquelles informacions que es reben d'altres persones (Jiménez Aleixandre, 1998; Sardà & Sanmartí, 2000; Sardà, 2005) i perquè permet explorar els propis arguments davant de la resta de posicions i ser conscients dels que es prioritzen alhora de prendre decisions (Mayer, 1998).

En síntesi, en desenvolupar aquesta recerca en un marc escolar s'ha subratllat la importància de l'aprenentatge d'aquells coneixements sobre l'aigua (que divergeix de la informació) dels que encara en la societat actual només s'aprenen a l'escola. També s'ha destacat la importància de que les temàtiques ambientals es desenvolupin tenint en compte l'aprenentatge d'aquests coneixements i s'eviti el promoure un pensament dogmàtic o amb prejudicis. Per aquest motiu, la recerca pren com a referència que desenvolupar la competència per actuar a favor d'un ús més sostenible de l'aigua implica activar un conjunt de sabers conceptuals, procedimentals i actitudinals que provenen de diferents camps de coneixement i que també conformen el denominat currículum per competències actual (OCDE-PISA, 2006). En el capítol "*La cultura ambiental de l'aigua a l'escola*" s'aprofundeix en aquesta qüestió.

2.1.2.3 Desenvolupar valors, actituds i comportaments i la influència del context

Desenvolupar actituds i comportaments més sostenibles no és quelcom senzill ni lineal ja que són múltiples les variables que les modelen. Des de l'àmbit de la psicologia ambiental s'ha aprofundit en aquesta qüestió. Per exemple, De Castro (2001) considera que es promouen mitjançant les interaccions no lineals entre els aspectes cognitius, actitudinals i de comportament juntament amb altres factors. Per exemple, Kollmuss i Agyeman (2002) fan referència a la influència de factors demogràfics (gènere, nivell formatiu), factors interns (motivació, coneixements, consciència, valors, actituds, emoció, empoderament, responsabilitats i prioritats) i factors externs (institucionals, econòmics, socials i culturals). I Pol (2000) parla del model de les quatre esferes (la racionalitat, l'emotivitat, la funcionalitat i la influència social) i considera que aquestes poden tenir una influència tant positiva com negativa en el comportament ambiental de les persones.

Aquest conjunt de variables que poden influir en el comportament proambiental de les persones es desenvolupen en diversitat de contextos i experiències. Autors com Chawla (1999, 2006) han aprofundit en l'estudi de les experiències de vida significatives que han afavorit actituds i comportaments més sostenibles i, en els seus resultats, també s'hi destaquen les viscudes en l'àmbit escolar.

En aquest sentit, els centres educatius poden i han de ser contextos afavoridors d'actituds i comportaments més sostenibles ja que poden influir en aquestes quatre esferes o en els factors descrits anteriorment. En aquest sentit és important que des dels centres educatius es tingui cura dels models que es transmeten i de la norma social que s'estableix perquè tenen una gran influència en l'afavoriment d'uns valors, unes actituds i uns comportaments més sostenibles o bé, al contrari, inhibir-les.

La importància de vetllar per la coherència ambiental del centre és descrita molt clarament per (Franquesa et al, 2003) a la Guia per fer l'Ecoauditoria al centre educatiu *"el millor currículum perd tota la seva efectivitat si és contradit per la pràctica diària de la pròpia estructura educativa"*. Per aquest motiu és especialment interessant tenir cura que els contextos educatius siguin coherents amb el model d'educació ambiental i el concepte de desenvolupament sostenible amb el que s'identifica. És important perquè esdevé un model que s'explica per si sol i exemplifica a la resta de comunitat educativa noves maneres d'actuar o comprometre's a favor d'un desenvolupament més sostenible.

A més a més, com destaquen Weissmann i Franquesa (2011) si s'afavoreix que tota la comunitat educativa participi democràticament en el procés de transformació i millora d'aquest entorn es reforça la coherència entre el discurs i la pràctica i es transmet un altre missatge i un altra actitud molt important: que l'escola, com a institució, també se sent capaç d'aprendre.

D'altra banda, encoratjar un comportament proambiental també hauria d'implicar una reflexió prèvia, que no sempre es realitza, que permeti identificar els comportaments que s'han de promoure en base als que tenen un impacte més negatiu. I aquesta qüestió també és d'interès en l'àmbit educatiu perquè tal i com destaquen Steg i Vlek (2009) és important per poder dirigir els esforços cap a nous comportaments que siguin més transformadors.

Aquesta reflexió també s'hauria de fer en funció de l'edat de l'alumnat i dels seus interessos. Pol i Castrechini (2013) consideren que els nens i nenes més joves tenen més interès i potencial cap als temes ambientals mentre que els adolescents, com a forma de diferenciació, poden mostrar actituds menys favorables a determinades propostes.

Aquesta és una de les raons que expliquen perquè aquesta recerca s'ha delimitat en l'estudi de centres d'educació primària. També cal afegir que els nens i nenes de cicle mitjà i superior ja són capaços de comprendre idees, causes i conseqüències relacionades amb la temàtica de l'aigua. I d'altra banda, donat que encara no es troben a l'etapa de l'adolescència, poden expressar les pròpies opinions, valors o actituds de manera més espontània ja que són menys influenciats per l'opinió dels companys o del grup i perquè no tenen la necessitat d'afirmar que pensen i actuen diferent dels adults.

En síntesi, en aquesta recerca es pren com a referència la idea que el comportament proambiental s'afavoreix a través d'una gestió del context escolar coherent amb els valors que es vol transmetre i a través de la formació de criteris que permetin interpretar la informació i prendre decisions fonamentades enlloc de donar consignes o pautes de comportament.

2.1.2.4 El paper de l'entorn i la comunitat

Les activitats d'aprenentatge que comporten interacció en contextos i amb persones externes al grup classe tenen una llarga tradició en l'àmbit educatiu començant per l'escola activa (principis del segle XX) i els moviments de renovació pedagògica (impulsats des de mitjans de la dècada dels 60's per l'Escola de Mestres Rosa Sensat).

La comunitat i l'entorn proporcionen experiències i espais (activitats "fora de classe" com treballs de camp o altres activitats que permeten conèixer llocs d'interès natural, cultural, artístic, etc.) que enriqueixen el procés d'ensenyament i aprenentatge. Des de la recerca educativa es comença a reconèixer que la majoria dels aprenentatges es desenvolupen fora de l'escola –malgrat que socialment l'escola encara es percep com a únic lloc d'aprenentatge– donat que quan un coneixement es contextualitza allà on requereix la seva utilització és més recordat i comprès (Osborne & Dillon, 2007).

Alguns autors (Chawla, 2006; Palmer, 1996) consideren que les activitats externes, especialment les experiències realitzades al medi natural, afavoreixen el desenvolupament del compromís i la responsabilitat ambiental. Més recentment (Freire, 2010; Louv, 2005) també han destacat la importància de les sortides (de tota mena) al

medi natural per la seva contribució a la salut i al desenvolupament tant dels infants com dels adults i per la necessitat de recuperar els vincles de les persones amb la vida i els sistemes naturals. L'impacte social del trastorn per dèficit de natura definit per Louv (2005) -que pretenia fer una descripció dels costos humans de l'alienació del medi natural i no un diagnòstic mèdic- ha alertat a la societat sobre la necessitat de recuperar aquests vincles.

En el camp de l'educació ambiental es destaquen un gran nombre de propostes d'activitats puntuals dirigides als centres educatius, moltes de les quals es desenvolupen al medi natural. Tot i que, com diu Terradas (2010), l'EA encara té "*poc paper dins el conjunt de factors que condicionen tot el nostre comportament col·lectiu en matèria ambiental*" aquestes activitats constitueixen bones oportunitats per l'aprenentatge ja que permeten observar, experimentar i analitzar el territori que han de conèixer i en el qual han d'actuar (Dillon et al., 2006; Hill, 2013; Medir, 2003; Rickinson et al., 2004; Societat Catalana d'Educació Ambiental, 2011). També permeten aprofundir en temàtiques que des de l'escola no s'ensenyen suficientment, amb enfocaments didàctics generalment innovadors que ofereixen vivències que són recordades a llarg termini, possibiliten accedir a recursos que habitualment no es troben als centres educatius i a coneixements d'especialistes en la temàtica objecte d'estudi (Castelltort, Sanmartí, & Pujol, 2014).

Tanmateix algunes recerques (Hill, 2013; Medir et al., 2013) alerten que no totes les propostes tenen un enfocament adequat per adreçar els conceptes de sostenibilitat. Algunes de les "debilitats" destacades són: a) usar l'entorn com a instrument sense afavorir una reflexió envers la seva conservació; b) no relacionar les qüestions de sostenibilitat amb el context local; c) plantejar qüestions o problemàtiques que es perceben fora de l'abast de l'acció de les persones; d) la poca cultura d'avaluar per a la millora de la qualitat en base d'uns objectius ben definits.

Diversos autors coincideixen en destacar que les activitats externes per si soles no són suficients per avançar en la comprensió dels temes desenvolupats. Com suggeria Del Carmen (2010), per aconseguir-ho és imprescindible que el professorat estableixi una relació entre les activitats realitzades "fora" i "dins" de l'aula. Dillon et al (2006) també en destaquen la rellevància de la preparació prèvia i posterior i en remarquen la importància de que les activitats externes estiguin ben dissenyades i no sobreestructurades.

D'altra banda, estimular aquest treball *previ* i *posterior* és especialment important si es té en compte que, els educadors ambientals tindran poc control sobre el procés d'aprenentatge dels estudiants (Ballantyne & Packer, 2006). Per aquest motiu, aquests autors, consideren de gran importància que els educadors ambientals i promotors estableixin bones relacions amb el professorat i els facilitin recursos de suport per tal que puguin donar continuïtat als continguts i experiències viscudes. En aquest sentit, a Catalunya programes com les Agendes 21 Escolars o les Escoles Verdes han assumit

aquesta funció amb uns resultats positius que s'evidencia en l'augment anual del nombre de centres implicats, en l'elevada continuïtat o permanència dels centres en els programes i en la qualitat i diversitat dels projectes que desenvolupen. Diversos estudis aporten evidències sobre com aquests programes estimulats per institucions externes afavoreixen processos educatius innovadors que milloren la qualitat de l'educació a les escoles (Gough, 2005; Rickinson, Hall, & Reid, 2015).

En aquesta recerca es pren en consideració el paper de l'entorn i la comunitat en el desenvolupament de propostes d'educació ambiental en el marc escolar, entenent que els vincles que s'estableixen entre els professionals de l'EA i el professorat van més enllà de facilitar recursos, idees i propostes d'activitats. Aquests vincles també aporten al professorat la confiança i l'estímul necessari per iniciar, desenvolupar i mantenir projectes innovadors, més integrats al currículum i a la vida del centre i que permetran ser font d'inspiració per a altres centres.

2.1.2.5 La visió de futur

La idea de futur forma part del concepte de sostenibilitat i de les finalitats de l'educació ambiental. Diversos estudis (Anguera & Santisteban, 2013; Anguera, 2012) apunten l'interès d'abordar la qüestió del futur des de l'àmbit educatiu atès que les representacions de les persones sobre el futur individual i col·lectiu tenen una influència en la seva predisposició a la participació social.

Una altra idea clau en EA que s'hi relaciona és el concepte *locus of control*, que fa referència a la capacitat de les persones en creure que poden controlar els esdeveniments que l'afecten (Lucas, 1981). Aquest concepte aporta confiança amb la pròpia capacitat d'intervenir en el futur i no només en el fet d'estar d'acord amb les anàlisis dels problemes ambientals i la seva importància pel futur.

Algunes de les estratègies utilitzades en el camp de l'educació ambiental que s'han mostrat d'interès per desenvolupar la perspectiva de futur en els estudiants són: a) l'anàlisi de diferents escenaris de futur en base a models reals (Kopnina, 2014); l'explicitació sobre les imatges o representacions sobre el futur (Hicks & Holden, 1995, 2007; Junyent & Kong, 2011) i; l'anàlisi de futurs possibles, probables i preferibles (Hicks & Holden, 2007). Aquesta darrera estratègia, segons aquests autors, és de gran interès per promoure accions informades que contribueixin a la construcció d'un futur més sostenible.

Diverses recerques realitzades amb alumnat de primària sobre *futur i educació ambiental* aporten dades d'interès. D'una banda, Hicks et al. destaquen que els infants tenen coneixement de les qüestions ambientals (tant locals com globals) i els preocupa, però també alerten del predomini d'una visió pessimista sobre el futur ambiental. En un àmbit més local, altres autors (Junyent & Kong, 2011; Kong, 2015) han constatat la riquesa de les visions de futur de l'alumnat de primària atès que no es limita només a

qüestions de ficció i fantasia sinó que l'alumnat també aprofundeix en molts altres aspectes com: la família, la felicitat, el lloc on viure, l'ús de la tecnologia i altres aspectes vinculats amb el benestar (no pobresa, no malalties...).

Una de les aportacions que pot fer l'EA és la d'ajudar a promoure que els nois i noies se sentin part activa i compromesa amb el futur, és a dir, a afavorir un paper protagonista davant els fets del món, a enfortir la confiança en les pròpies idees i en la pròpia capacitat creativa per imaginar solucions, i que desperti la responsabilitat i el compromís per construir un futur més sostenible (Castelltort & Sanmartí, 2014; Weissmann & Franquesa, 2011).

Incorporar la visió de futur no ha de servir per acceptar els problemes sinó per canviar-los ara (no demà) perquè el futur depèn de les accions que es realitzen en el present i també perquè des d'un punt de vista educatiu i com recorda Gerver (2013) *“l'aprenentatge ha de ser important en l'ara [...]i per això cal assegurar que estigui construït de manera que signifiqui alguna cosa pels infants en l'ara”*.

En aquesta recerca s'ha pogut analitzar l'experiència d'un centre educatiu que ha inclòs la qüestió del futur en el marc del desenvolupament d'un projecte d'educació ambiental.

2.1.2.6 La participació

La participació és una de les estratègies imprescindibles per desenvolupar la dimensió política de l'educació ambiental. Sauvé (2014) destaca la importància d'aquesta dimensió perquè s'estimulen processos d'aprenentatge col·lectiu on es mobilitzen sabers de manera m s rica, es promou el pensament crític, la responsabilitat compartida i el comprom s amb la comunitat al mateix temps que es promouen accions de transformació i millora de l'entorn. Aquesta dimensió, segons l'autora, va lligada a les dimensions ètiques i crítiques de l'educació ambiental i orienta al desenvolupament del que anomena “ecociutadania”.

En les darreres dècades a Catalunya s'han impulsat diverses iniciatives i moviments ciutadans que potencien noves formes d'organització i de foment d'una cultura m s participativa. Possiblement aquest marc social també ha afavorit que des dels centres educatius es promogui una nova cultura participativa en el marc de l'educació ambiental. Aquesta també ha estat estimulada i alimentada des de la comunitat a través dels programes com les Agendes 21 Escolars (A21E) o Escoles Verdes (EV) que els han orientat en la cerca de les possibles estratègies d'organització per vehicular la participació de la comunitat educativa i han donat a conèixer aquestes experiències.

Forestello (2013) aprofundeix en els diferents models d'organització de la participació d'una comunitat educativa. La seva recerca evidencia la idea que a "participar s'aprèn participant" i la considera com a una eina necessària per contribuir a la formació de ciutadans que es preocupin pels interessos grupals i pel comprom s social i polític.

Tot i que s'han definit diferents nivells de participació en l'àmbit de l'educació ambiental (Heras, 2003; Hart et al., 2001), tots ells es consideren necessaris perquè permeten que cada membre de la comunitat educativa pugui decidir en quin vol formar part en funció de les seves capacitats i disponibilitats. Participar en el procés de presa de decisions constitueix el nivell màxim de participació i per això, en molts centres educatius es creen estructures participatives formades per diferents membres de la comunitat educativa que impulsen projectes d'educació ambiental. Els centres que han apostat per una dinamització i organització de la cultura participativa, han construït uns programes d'EA més sòlids perquè han passat de ser iniciativa d'un grup reduït de persones (o d'una única persona) a una línia de treball compartida i col·lectiva. A més a més, les vivències positives que han generat aquestes experiències estan retroalimentant el procés. Tot i que el camí iniciat és certament positiu, com afirma Forestello (2013) encara falta fer un llarg recorregut per estendre aquesta cultura de la participació en la totalitat dels centres implicats.

Aquesta recerca també ha tingut en compte la cultura participativa dels centres com a estratègia de dinamització de les diferents accions i iniciatives relacionades amb l'educació ambiental. Com descriu Pujol (2005) es considera important que aquells centres que aposten per a l'EA, impulsin processos de gestió democràtica ja que esdevenen contextos d'aprenentatge de gran interès donat que l'alumnat es pot desenvolupar com a ciutadà/na reflexiu i participatiu, capaç d'escoltar, negociar opinions i assumir decisions col·lectives i responsabilitats individuals.

2.1.3 SÍNTESI

L'educació ambiental és un camp pluriparadigmàtic i que al llarg de la seva trajectòria s'ha transformat cap a una visió més competencial. No es tracta de fomentar conductes concretes sinó promoure aquelles competències que permetin a les persones actuar de manera conscient i responsable per a la construcció d'un futur més sostenible. L'educació ambiental orientada al desenvolupament de la competència per actuar implica plantejaments profundament democràtics i radicals en termes de transformar el model socioeconòmic actual. Així com també, desenvolupar coneixements, valors, actituds i comportaments des de les àrees i alhora, tenint cura de la coherència del context vers els missatges que vol transmetre. I finalment implica fomentar la participació, aprofitar les oportunitats de l'entorn i de la comunitat local per construir en el present, el futur que volem. Idees que s'han resumit en els sis apartats anteriors per bé que es troben estretament interrelacionades.

2.2 EDUCACIÓ CIENTÍFICA I EDUCACIÓ AMBIENTAL

Si la naturaleza es la respuesta, ¿cuál era la pregunta?
Jorge Wagensberg

En aquest apartat es justifica la importància de que l'educació ambiental tingui un espai al currículum i concretament, en l'àmbit de l'ensenyament de les ciències, i es destaquen alguns dels principals beneficis d'aquesta interrelació. També s'exposa la importància de la formació inicial del professorat en el desenvolupament de competències professionals que integrin la dimensió ambiental.

2.2.1 UNA RELACIÓ BENEFICIOSA

En el capítol anterior s'ha descrit la importància del coneixement -tant de les ciències naturals com de les ciències socials- per fonamentar les decisions que es prenen ja que aquestes, a part de la comprensió del medi natural, també requereixen la comprensió del funcionament de l'economia i de l'organització de la societat (població, serveis, territori, etc.). Tanmateix en aquest apartat es vol aprofundir especialment en la relació beneficiosa entre l'educació ambiental (EA) i l'educació científica (EC) atès que els continguts relacionats amb la temàtica de l'aigua estan molt vinculats amb l'ensenyament de les ciències.

En l'informe *Our Common Future* coordinat per Brundtland (1987), ja es destaca la positiva relació entre el coneixement científic i l'educació ambiental. Al llarg dels darrers anys, s'han publicat diversos estudis que evidencien la importància del coneixement científic en les actituds i comportaments ambientals dels estudiants (Lester, Ma, Lee, & Lambert, 2006; Littlelyke, 2008). Per exemple, en l'estudi de Lester et al. (2006) s'aporten evidències de que els estudiants amb més coneixements en ciències es mostraven més ambientalment actius que altres amb menys coneixements i també, que l'activisme augmentava a mesura que incrementaven els coneixements. En l'estudi de Coertjens et al. (2010) s'evidencia la influència de les activitats de ciències més experimentals amb una major consciència ambiental dels estudiants. També Jiménez Aleixandre (1998) afirma que els valors es desenvolupen millor quan hi ha coneixement. Pujol (2005) sintetitza la importància de l'estreta relació entre el coneixement i l'acció ambiental: "*significa donar eines que permetin a l'alumnat canviar la seva manera de pensar el món per canviar la seva manera d'actuar en el món*".

Tanmateix, aquesta relació no es dona en tots els casos d'una manera tan lineal perquè en el procés de construcció de la cultura ambiental també hi interactuen moltes altres variables que influeixen en les persones que aprenen: contextos d'aprenentatge informals (Ballantyne & Packer, 2006); nivell socioeconòmic i educatiu de la família

(Coertjens et al, 2010) o actituds ambientals de la família (Leppänen, Haahla, Lensu, & Kuitunen, 2012).

En canvi sí que hi ha un consens més ampli en considerar els beneficis de desenvolupar processos educatius que integrin l'Educació Científica i l'Educació Ambiental en relació als aspectes de millora de l'interès i l'aprenentatge de les ciències i de promoció de la capacitat i el desig per actuar a favor de l'ambient (Gayford, 2002; Littlelydyke, 2008; Sauvé, 2010). Campbell et al (2010) ho sintetitzen clarament:

“Hi ha aspectes de l'educació ambiental que es troben en el nucli de l'educació científica: contribuir a l'empoderament dels ciutadans del futur en termes de participació en els debats públics i en la presa de decisions sobre els temes ambientals”.

Sauvé (2010) també comparteix la importància del coneixement per a capacitar a la ciutadania en la participació dels debats socials ja que sovint són els ciutadans els que "vigilen", "alerten" i també són els afectats de les problemàtiques ambientals.

Al nostre país, en són exemples recents el projecte Castor, les prospeccions de fracking o la interconnexió elèctrica de Molt Alta Tensió amb França (MAT). Davant la imposició d'aquests projectes, la ciutadania necessita saber reaccionar amb urgència, amb poc temps, pocs mitjans i amb molta capacitat per comprendre situacions complexes. I per això Sauvé considera de gran importància la formació de ciutadans crítics, capaços de comprendre les realitats, prendre decisions fonamentades, capaços d'actuar responsablement tant a nivell individual com col·lectiu i que tinguin el desig i la possibilitat de participar en el que anomena, governança ambiental.

Segons aquesta autora, una de les aportacions fonamentals de l'educació científica a l'educació ambiental és la de ajudar a "descodificar" el nostre medi ambient (comprendre les lleis, les regles, els signes portadors de significació) per poder "recodificar" millor la nostra relació amb el medi ambient. Un procés que tanmateix mai s'acaba ja que les qüestions relacionades amb el medi ambient són nombroses i canviants.

A més cal tenir en compte que l'educació científica també contribueix a formar els científics del futur -encara que només un petit percentatge dels escolars seran els que es dedicaran a la ciència- és important que aquesta formació inclogui, a més de coneixements, una dimensió ètica i actitudinal (treballar a favor del medi, la vida i els sistemes de vida, ser crítics i compromesos, capacitat de formar equips interdisciplinaris, de cooperar, etc.).

Aquesta relació beneficiosa entre l'educació ambiental i la científica també es relaciona amb la idea de relació de mutualisme de Gough (2002) quan considera que l'EA pot ajudar a donar resposta al baix interès per a la ciència, al mateix temps que l'EC li facilita "espais" al currículum escolar. A més, l'EA necessita el coneixement d'àrees

com les científiques i les àrees de ciències necessiten l'EA perquè li ofereix contextos que donen més sentit a l'aprenentatge.

D'altra banda, són diversos els estudis (COSCE, 2011; Marbà & Márquez, 2010; Sjoberg & Schreiner, 2004) que constaten i recullen la preocupació per la disminució de l'interès dels estudiants per les ciències al llarg de l'escolarització obligatòria. I també són diversos autors els que apunten l'EA com possible solució perquè posa sobre la taula temes socialment rellevants, propers i que poden generar més interès. Dillon (2002) destaca que l'EA pot oferir contextos que siguin més motivadors per a l'alumnat ja que es pot sentir emocionalment més involucrat al mateix temps que, introdueix temes socialment rellevants que requereixen aprendre o usar coneixement científic. I afegeix que, l'educació científica afavoreix que l'alumnat pugui comprendre millor els temes ambientals en context amb les seves vides i les seves vides en relació amb els temes ambientals.

Taula 3. Síntesi dels beneficis de la interrelació de l'educació científica i l'educació ambiental

<i>Aportació de l'EA a l'EC</i>	<i>Aportació de l'EC a l'EA</i>
<ul style="list-style-type: none"> Contextos que requereixen l'aprenentatge o utilització del coneixement científic. Contextos que afavoreixen la motivació de l'alumnat en els temes científics ja que es pot sentir emocionalment més involucrat. 	<ul style="list-style-type: none"> “Descodificar” el medi ambient per poder “recodificar” millor la relació amb el medi. Coneixements teòrics que permeten comprendre les realitats, analitzar críticament solucions aportades per altres, argumentar i prendre decisions fonamentades i actuar de manera conscient.
<ul style="list-style-type: none"> Dimensió ètica orientada a formar ciutadans crítics, responsables, compromesos i participatius en la governança ambiental. Dimensió ètica orientada a formar futurs científics que treballin a favor del medi i dels sistemes de vida (no en contra). Millorar l'interès per la ciència. Empoderament dels ciutadans del futur en termes de participació en els debats públics i en la presa de decisions sobre els temes ambientals. Promoció d'accions orientades cap a la sostenibilitat (per passar de comprendre per acceptar a comprendre per transformar) 	<ul style="list-style-type: none"> Millora la capacitat argumentativa i crítica per participar en els debats socioambientals. Aprenentatge de procediments com la indagació per la cerca de proves que confirmen o no les idees Un espai en el currículum. Millor comprensió per part de l'alumnat dels temes ambientals en context amb les seves vides i les seves vides en relació amb els temes ambientals. Els valors es desenvolupen millor quan es fa paral·lelament al desenvolupament del coneixement conceptual. Bagatge en metodologies d'ensenyament-aprenentatge fruit de la recerca educativa.

Font: elaboració pròpia a partir de les fonts referenciades en aquest apartat

Lemke (2006), va una mica més enllà i considera que la crisi ambiental hauria de ser una de les àrees prioritàries a les quals dirigir l'educació científica per la seva rellevància i pel fet que considera imprescindible que des de l'escola es posi sobre la taula qüestions que socialment estan “amagades”: *“es necessiten canvis en la comprensió fonamental i en les actituds sobre la relació de la nostra espècie amb la resta de l'ecologia planetària; l'educació científica ha de reorientar les seves prioritats en aquesta direcció”*.

Cal afegir, que a més del “què” s’ensenya i el “per a què”, cal considerar el “com” s’ensenya, és a dir, les metodologies que afavoreixen un aprenentatge de les ciències més efectiu. En aquest sentit, el coneixement de la didàctica de les ciències també esdevé una aportació d’interès per a l’educació ambiental. I per aquest motiu la recerca que es presenta en aquest treball pren com a referència aspectes com: la importància de la construcció del coneixement; la importància d’organitzar les activitats tenint en compte del procés d’aprenentatge i de la funció de l’avaluació en la regulació de les idees (Jorba & Sanmartí, 1996; Sanmartí, Simón, & Márquez, 2006); el considerar les dimensions del “fer, pensar i comunicar” com a dimensions bàsiques del procés d’aprenentatge (Arcà, Guidoni, & Mazzoli, 1990; Arcà, 2001; Izquierdo, Adúriz-Bravo, & Aliberas, 2004), la importància de llegir (Márquez & Prat, 2005) , d’escriure i argumentar (Jiménez Aleixandre, 1998; Sanmartí, 2003a; Sardà & Sanmartí, 2000); la modelització (Garcia, 2007; Garriga, Pigrau, & Sanmatí, 2012; Gilbert, 2004), el context i la transferència (Gilbert, Bulte, & Pilot, 2010; Sanmartí, Burgoa, & Nuño, 2011), la progressió dels aprenentatges (Duschl, Maeng, & Sezen, 2011). Aspectes en els que s’aprofundeixen més endavant a l’apartat *"la cultura ambiental de l'aigua a l'escola"*.

2.2.2 LA IMPORTÀNCIA DE LA FORMACIÓ INICIAL DEL PROFESSORAT

Les institucions de formació del professorat desenvolupen un rol important en l’educació global d’una comunitat. En el camp de la sostenibilitat, el sector educatiu i el professorat sempre han estat considerats agents clau en el procés de transformació de la societat i de les persones cap a un futur més sostenible (Cebrian & Junyent, 2014). Tanmateix, aquestes autores afirmen que la formació inicial, tal i com està plantejada actualment, no és suficient per ajudar a desenvolupar plenament totes les competències professionals en l’àmbit de l’educació ambiental, que defineixen com:

“La competència que educa a la ciutadania per a la construcció d’un món més just, equitatiu i sostenible. Implica la combinació d’habilitats pràctiques, coneixements, motivació, valors ètics, actituds i emocions, i altres components socials i de comportament que es mobilitzen conjuntament davant un repte de sostenibilitat a nivell social, ambiental i/o econòmic que se situen en un determinat context cultural i en un entorn educatiu. Són les competències que haurien de contribuir a millorar la qualitat de vida de la població i a construir una societat i un futur més sostenible a través de l’educació”.

Les raons per les quals no s’ha trobat la manera d’afavorir el desenvolupament d’aquestes competències en els futurs mestres des de la formació inicial són múltiples i diverses. D’una banda, tot i que es coneix que té més influència el *com s’aprèn* que no pas el *què s’aprèn* en la seva formació, a la universitat encara predomina un model de transmissió del discurs (professor-alumne) sobre com *caldria fer les coses* en el que l’alumnat acostuma a tenir un rol passiu, poc protagonista del propi procés d’aprenentatge i poc participatiu. Per altra banda, tot i que també es coneix la influència dels centres en els que es va a treballar durant el primer any de mestres, actualment no existeix cap iniciativa que permeti a les facultats fer un acompanyament als mestres novells.

En el treball de Cebrián i Junyent (2014), les autores remarquen la necessitat de promoure aquestes competències professionals especialment en situacions contextualitzades en la pràctica real. Actualment, en el marc del nou espai Europeu de l'Educació Superior, les diferents modalitats de pràcticums (algunes orientades cap a propostes d'Aprenentatge Servei que es relacionen amb temes de sostenibilitat) i també els treballs de fi de grau, esdevenen noves oportunitats per aprofundir en l'educació ambiental. Però aquestes propostes són desenvolupades per una petita part dels estudiants ja que depenen dels tutors i dels departaments assignats. A més la cultura competitiva dominant en els departaments universitaris i la divisió de les àrees de coneixement constitueixen obstacles importants per arribar a incloure l'educació ambiental plenament en el currículum de la formació inicial de mestres (Espinet et al., 2015).

Diverses recerques realitzades en el camp de la formació docent, indiquen la influència de les experiències que els mestres han tingut com a estudiants en la seva pràctica docent (Gil & Pessoa, 2000). I altres autors també han apuntat la importància de que les assignatures vetllin per una coherència en el sentit que suggereix (Duit, 2006) de desenvolupar d'una banda, les qüestions relacionades amb el tema d'estudi i de l'altre, sobre com ensenyar-les. Doncs aquest autor considera que la millora de les competències bàsiques en ciència i també en altres disciplines (pedagogia, psicologia o altres) actua com un prerrequisit per millorar la funció docent. I sense oblidar que en el camp de l'EA la ideologia i els valors són un component bàsic, i que aquests "s'atrapen" més que no pas s'ensenyen (Camps, 1998).

En aquest sentit, les assignatures de Didàctica de les Ciències Experimentals poden ser un marc interessant per integrar l'educació ambiental. Encara que es reforci socialment la idea que l'EA forma part de les ciències naturals, poden ser especialment efectives per promoure les competències professionals en EA si:

- a) seleccionen amb cura la tipologia d'activitats que aplicaran en la formació dels mestres (les activitats experimentals, la importància d'escriure i d'argumentar, les sortides al medi -natura, equipaments, museus...-, converses i diàlegs, treball en equip, autoavaluació i regulació metacognitiva),
- b) promouen processos de modelització per afavorir la transferència del coneixement cap a d'altres situacions actuals o futures,
- c) promouen processos metacognitius per tal que els futurs mestres prenguin consciència no només del *que han fet* i el *com* i sinó sobretot del *perquè* ho han fet d'una manera determinada,
- d) promouen que l'alumnat pugui posar en pràctica i transferir el coneixement après de la universitat a les aules reals, per exemple, a través de les estades de pràcticum

(especialment si els estudiants troben ambients estimulants per poder-ho posar en pràctica).

A continuació s'aprofundeix en dues de les característiques esmentades.

En primer lloc i en el cas de les estratègies metacognitives, tot i ser extensible a qualsevol altre aprenentatge escolar, des del camp de la didàctica de les ciències s'hi ha aprofundit de manera intensa per la seva gran influència –per exemple, la funció de l'autoavaluació- en el procés d'aprenentatge de les ciències (Ben-David & Orion, 2013; Buck & Trauth-Nare, 2009; Jorba & Sanmartí, 1996). Tot i que, quan va emergir el concepte de la metacognició feia referència únicament als aspectes cognitius sobre el coneixement de la persona i a la seva capacitat reguladora (Flavell, 1979) actualment, la literatura acadèmica també ressalta la dimensió afectiva de la metacognició. Ambdós aspectes es consideren molt importants en el desenvolupament del Coneixement didàctic del Contingut (Pedagogical Content Knowledge) dels futurs mestres (Shulman, 1987; Garritz & Trinidad-Velasco, 2004; Mellado et al., 2014).

En segon lloc, s'ha destacat la importància de la modelització en l'ensenyament i aprenentatge de les ciències pel canvi que significa en la visió dels continguts que l'alumnat hauria d'aprendre a l'escola (encara actualment molt centrat en l'aprenentatge de vocabulari i idees atomitzades). S'entén que un model científic és una abstracció i simplificació d'un sistema que presenta les seves característiques principals de manera explícita i visible. Els models són útils per il·lustrar un fenomen, per explicar-lo i per fer prediccions sobre ell (Kenyon, Davis, & Hug, 2010).

El model de "cicle" esdevé un tipus de contingut que es desenvolupa dins de la classe com una forma de pensar, veure i organitzar molts tipus de canvis. Atribueix a les regularitats i lleis que regeixen aquests canvis que es mostraran i permet realitzar prediccions (Márquez, Izquierdo, & Espinet, 2006). I per exemple, en el cas del model del *cicle de l'aigua*, també permet simplificar les principals característiques d'aquest complex procés (Márquez & Bach, 2007): la circulació de l'aigua, canvis en l'estat, la devolució o la periodicitat dels canvis, i la conservació de la quantitat global de l'aigua a la natura.

De fet, per abordar qualsevol problema ambiental cal construir unes idees-clau que permetin comprendre'l (cicle de la matèria, degradació de l'energia, interrelació matèria i energia amb l'entorn, etc.). En el treball de Milà i Sanmartí (1999) s'identifiquen algunes d'elles i es destaca que existeixen idees-clau que són pròpies de l'EA (per exemple, el desenvolupament sostenible, la incertesa, el sentit del límit, etc.) i d'altres que provenen de diferents disciplines com les ciències naturals (per exemple, la degradació de l'energia) o les ciències socials (organització social, identitat). Les idees-clau relacionades amb les ciències conformen els diferents models teòrics. Actualment, treballs com l'americana *Atlas of Scientific Literacy* (American Association for the Advancement of Science, 2001) o la seva adaptació australiana -els *Concepts*

*Development Maps*⁷ (State Government of Victoria, 2015)- identifiquen aquests conceptes i idees-clau en l'àmbit de l'educació científica i les organitzen mitjançant mapes de progressió.

Per finalitzar, en aquest darrer apartat s'han remarcat aquest dos aspectes -la metacognició i la modelització- perquè han estat claus en aquesta recerca. Però no hi ha dubte que l'EA requereix d'un mestre format des de plantejaments holístics, en els que les diferents variables que condicionen l'exercici de la seva professió siguin abordades en profunditat, de manera coordinada i que es reforcin amb la coherència de les vivències de la vida quotidiana del centre.

2.2.3 SÍNTESI

Són nombroses les raons que avalen la relació beneficiosa entre l'educació científica i l'educació ambiental. Diversos autors incideixen en la importància del coneixement científic per promoure la competència per actuar. Tot i que, l'EA també hauria d'impregnar altres àrees de coneixement i desenvolupar-se a partir de projectes pràctics o reals.

És important que l'EA tingui un "espai" especialment en la formació inicial del professorat perquè els futurs mestres desenvolupin competències professionals en aquest àmbit. Les assignatures obligatòries, com la de didàctica de les ciències, poden ajudar a desenvolupar aquestes competències si plantegen activitats diverses (sortides, diàlegs, experimentació, treball en equip, argumentació, etc.), si promouen la metacognició i si utilitzen la modelització per afavorir la transferència del coneixement cap a d'altres problemàtiques ambientals presents i futures. Els pràcticums també constitueixen vivències molt influents en la formació dels futurs mestres i poden esdevenir espais on posar en pràctica el coneixement adquirit a la universitat i comprovar-ne els resultats.

7

<http://www.education.vic.gov.au/school/teachers/teachingresources/discipline/science/continuum/Pages/conceptmaps.aspx>

2.3 L'AIGUA, UN CONTEXT DE RELLEVÀNCIA SOCIO-AMBIENTAL

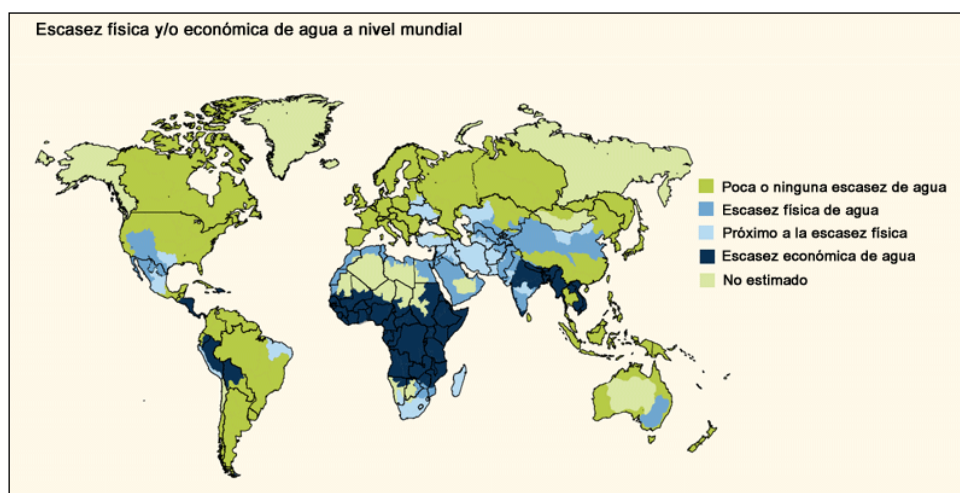
L'aigua és al cor del desenvolupament sostenible
(United Nations, 2012).

En aquest apartat s'aborda la discussió sobre els motius pels quals la qüestió de l'aigua és un tema socialment rellevant en l'actualitat i en el futur (que encara ho serà més). Es fa una anàlisi dels principals reptes que es plantegen tant a nivell local com a nivell global i s'aprofundeix en la importància de conèixer la interdependència entre l'aigua i l'energia: "mentre que l'energia és requerida per la provisió dels serveis de l'aigua, els recursos hídrics són requerits per a la producció energètica" (United Nations, 2014). Entendre aquesta qüestió és cabdal per identificar quins continguts cal ensenyar i aprendre a l'escola que permetin comprendre la problemàtica de l'aigua i identificar noves propostes d'acció que afavoreixin la conservació dels recursos hídrics.

2.3.1 UNA MIRADA GLOBAL I LOCAL A LA QÜESTIÓ DE L'AIGUA

La problemàtica de l'aigua forma part de la crisi ambiental global encara que afecta de diferents maneres a cada país. Com destaca l'Informe del PNUD (2006) s'estima en unes 1.100 milions de persones les que encara no tenen accés a l'aigua sanejada, una qüestió que limita les opcions i llibertats d'una part important de la població que es veu privada principalment de salut i de qualitat de vida (desenvolupament social i econòmic, accés a l'educació, etc.). A més a més, el control d'aquest recurs natural és causa de nombrosos conflictes entre comunitats, alguns dels quals, han generat conflictes bèl·lics. En el mapa següent (Figura 4) es visualitza la distribució de l'escassetat física i econòmica d'aigua a nivell mundial.

Figura 4. Mapa de la distribució de l'escassetat d'aigua a nivell mundial



Font: Naciones Unidas (World Water Assessment Programme, 2012)

2.3.1.1 La gestió de l'aigua pel consum humà

De fet fa poc més d'un segle, a l'any 1897, que l'aigua es va començar a clorar a Anglaterra. El clor, en tenir un efecte letal en els microorganismes, va afavorir una notable millora de la salut de la població i per aquest motiu, al llarg del segle XX, tots els països europeus han anat garantint als ciutadans el dret a l'aigua potable.

Al nostre país, l'aigua té a un preu assequible i amb una qualitat acceptable i aquesta possiblement ha estat una de les raons que han fet que la ciutadania hagi anat oblidant el seu valor real, és a dir, els costos econòmics, energètics i ambientals derivats dels processos de potabilització, transport i depuració. Una altra raó, possiblement es deriva pel fet que especialment a les ciutats, moltes persones han anat trencant progressivament els vincles amb els sistemes naturals i els seus bioritmes (Freire, 2010). Aquest allunyament de la natura, fa que sigui més difícil prendre consciència que l'aigua també pot ser un recurs escàs segons el règim hídric, els hàbits de consum o els canvis climàtics.

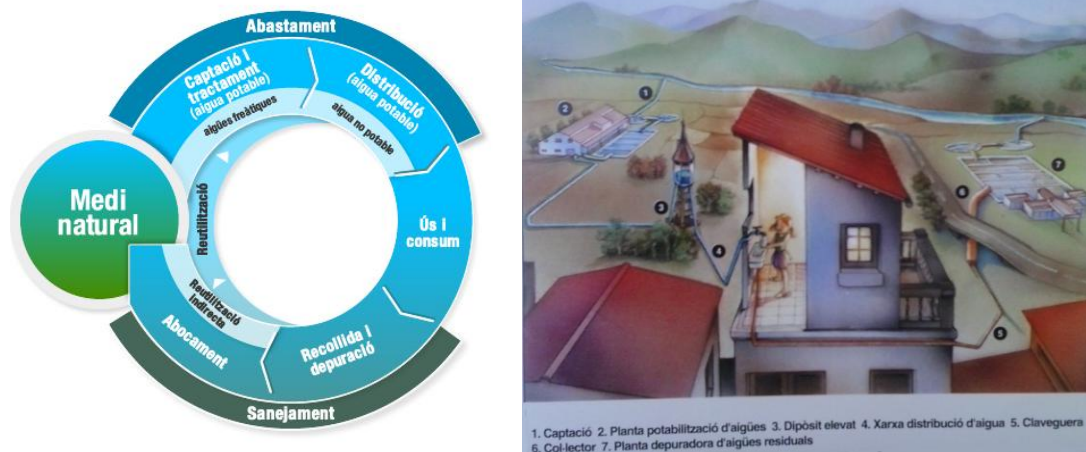
Al nostre país, els canvis en la gestió de l'aigua mitjançant la construcció de noves infraestructures han permès augmentar la disponibilitat de l'aigua tant en quantitat com en qualitat. Aquestes millores han tingut un impacte directe en el desenvolupament del territori com en la millora de la salut pública i la qualitat de vida de la població. L'obra *L'Aigua de Montcada: l'abastiment municipal d'aigua de Barcelona* (Conillera, 1991) explica des d'un punt de vista històric com s'ha dut a terme el proveïment d'aigua a Barcelona i com aquesta, especialment a partir de finals del segle XIX, ha contribuït al seu desenvolupament.

Actualment la gestió de l'aigua continua sent un tema complex ja que s'ha de tenir en compte el règim de precipitacions del clima mediterrani, la distribució de la població en el territori, la distribució dels recursos hídrics i la diversitat de paratges (relleu, geologia). La realitat climàtica del nostre país i les previsions de futur haurien de ser factors limitats en les polítiques de gestió i ús de l'aigua però com afirma Martínez Gil (2007) malauradament això no ha estat així i per aquest motiu la crisi de l'aigua s'ha anat accentuant.

2.3.1.2 Les infraestructures del cicle urbà de l'aigua

Per garantir la disponibilitat i qualitat de l'aigua pel consum domèstic, industrial i de serveis, ha estat necessari dotar el territori d'un seguit d'infraestructures que captin, emmagatzemen, transporten, tracten i evacuen l'aigua. El cicle que segueix l'aigua per satisfer les necessitats de consum està format pel sistema d'abastament, de sanejament i de reutilització (figura 5):

Figura 5. El cicle urbà de l'aigua



Font: Àrea Metropolitana de Barcelona⁸ i la Companyia d'Aigües de Sabadell (s.d.)

*“L'abastament inclou les primeres etapes del cicle de l'aigua i consisteix en la captació, la potabilització i la distribució d'aigua de diverses fonts per al consum domèstic, industrial i municipal. Cada vegada més, l'aprofitament d'aigües del freàtic és una part clau d'aquesta part del cicle. El sanejament, inclou les activitats de recollida, transport i depuració de les aigües residuals. El sanejament és clau per conservar la qualitat ambiental dels rius i del litoral perquè permet abocar les aigües resultants sense produir efectes nocius al medi”.
Font: Àrea Metropolitana de Barcelona*

I més recentment, s'han inclòs noves estratègies en la planificació hidrològica per tal d'augmentar la disponibilitat d'aigua: la dessalinització, la recuperació d'aquífers, la millora de xarxes, la reutilització i l'estalvi.

Com a alternativa a l'abocament, les aigües depurades també es poden reutilitzar per a diversos usos: reg agrícola, reg de zones verdes, neteja viària a les ciutats o dotació de cabals ecològics. Gràcies a això, es poden alliberar aigües per a usos de qualitat i, per tant, hi ha una major disponibilitat de recursos”. Font: Àrea Metropolitana de Barcelona

D'altra banda, el règim hídric del clima mediterrani fa que hi hagi períodes de precipitacions intenses que col·lapsen el sistema de sanejament. Per evitar-ho, en el cas de Barcelona s'han construït dipòsits de retenció d'aigües pluvials amb un doble objectiu: en primer lloc, regular el cabal d'aigua de pluja que arriba a la xarxa de clavegueram per tal que aquesta pugui funcionar de manera més descarregada en casos d'avinguda (sense sobreixir o retornar al medi sense tractar) i en segon lloc, retenir l'aigua de pluja fortament contaminada per tal que pugui ser tractada adequadament a la depuradora.

Malauradament la trama urbana amaga, fa invisibles, totes aquestes instal·lacions i aquest fet també dificulta la comprensió del funcionament actual i passat de la ciutat, especialment per a les noves generacions.

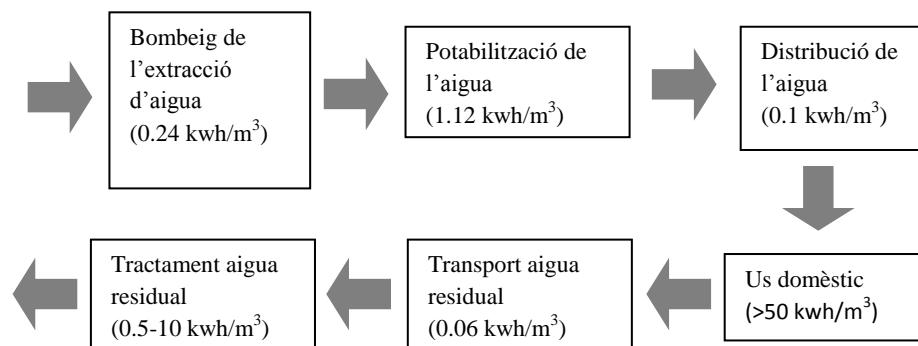
⁸ El gràfic del cicle de l'aigua ha estat extret de la web: <http://www.amb.cat/web/medi-ambient/aigua>

2.3.1.3 L'energia en el cicle urbà de l'aigua

Tampoc és visible el fet que, per garantir el funcionament i manteniment d'aquestes infraestructures es requereix d'un elevat cost econòmic per cobrir les despeses de tres grans conceptes: la mà d'obra, l'energia que es consumeix (principalment pels tractaments i en menor mesura, pel transport) i per gestionar el destí final dels fangs.

Segons Olsson (2012) es calcula que entre un 1-18% de l'energia elèctrica de les ciutats és consumida en el transport de l'aigua i en la gestió de les aigües residuals (Figura 6). És possible que en el nostre país -i degut al clima mediterrani- aquest consum sigui més elevat sobretot, en els períodes en els que cal posar en funcionament les plantes dessalinitzadores ja que requereixen un elevat consum energètic. Cabeza (1997) senyala que són de 5 a 10 kWh/m³ d'aigua tractada.

Figura 6. El cicle urbà de l'aigua i el seu consum energètic



Font: adaptat d'Olsson (2012)

Aquestes dades mostren que *aigua i energia* estan estretament relacionades. I per tant, també cal considerar les emissions de diòxid de carboni a l'atmosfera derivades d'aquest consum energètic. Segons ha publicat Bigues (2007) es calcula que cada metre cúbic d'aigua potable comporta una emissió de 175 grams de CO₂ (25 gr. en la captació, 25 gr. en la distribució, 125gr. en l'evacuació i depuració).

2.3.1.4 El cost i el preu de l'aigua

Hi ha estudis que posen en evidència que a l'Estat Espanyol, el preu que es paga per l'aigua és molt inferior al de la mitjana europea i que no cobreixen els costos derivats d'aquests serveis. Segons l' estudi realitzat per AEAS-AGA el 2013 (amb dades del 2012)⁹, es calcula que un ciutadà de l'Estat Espanyol consumeix 122 litres d'aigua/dia

⁹Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS) i Asociación Española de Empresas Gestoras de los Servicios de Agua a Poblaciones (AGA). Consultable a: <http://www.iagua.es/noticias/economia/13/12/11/estudio-aeas-aga-2013-%C2%BFque-precio-pagan-los-usuarios-del-servicio-del-ciclo-integral-de-agua-en-espa->.

pels quals paga 20 cèntims d'euro. Una tarifa que es considera molt inferior respecte altres ciutats europees, com exemple, mentre que a la ciutat de Burgos es paga 0.92 euros/m³, a Glasgow en paguen 5.28 euros/m³.

Si s'analitza la factura de l'aigua (Figura 7) es pot comprovar que el preu de consum d'aigua és baix (0.6188 euros/m³ en el primer tram) en comparació el cost de la resta de serveis relacionats amb el subministrament d'aigua (quota del servei, cànon de l'aigua, taxa clavegueram) i altres impostos (Taxa Metropolitana de Tractament de Residus Municipals i l'IVA del subministrament i del cànon). Tanmateix socialment al nostre país es percep que el preu de l'aigua és molt elevat possiblement perquè es valora el global de la factura.

Figura 7. Detall factura de l'aigua de Barcelona

DETALL FACTURA BIMESTRAL	Volum (m ³)	Preu unitari (€/m ³)	Import	IVA
Quota del servei			13,54	
Consum				
Tram fins a 12 m ³	12	0,6188	7,43	
Tram de 12 a 18 m ³	6	1,2376	7,43	
SUBMINISTRAMENT D'AIGUA (Aigües de Barcelona A66098435)	18		28,40	10%
Tram fins a 18 m ³	18	0,4791	8,62	
REPERCUSSIÓ CÀNON AIGUA (Aigües de Barcelona A66098435) (*)	18		8,62	10%
Tram fins a 18 m ³	18	0,1529	2,75	
TAXA DE CLAVEGUERAM (Ajuntament de Barcelona P0801900B)	18		2,75	Exempt
TMTR (Taxa Metropolitana de Tractament de Residus Municipals) (Àrea Metropolitana de Barcelona P0800258F)			9,15	Exempt
IVA del Subministrament i Cànon de l'Aigua: 10% de 37,02			3,70	
TOTAL A PAGAR			52,62	

(*) Tributo de l'Agència Catalana de l'Aigua (Generalitat de Catalunya). Recaptat per Aigües de Barcelona en compliment de la normativa aplicable.

Font: Aigües de Barcelona¹⁰

Tanmateix, en aquest estudi d'AEAS-AGA, també es recull una advertència del sector: que els nous impostos sobre l'aigua no sempre reverteixen en la millora d'aquests serveis. Aquesta qüestió planteja alguns interrogants *¿com es que no es facilita l'accés a aquesta tipologia de dades? ¿per què no es fan públiques? ¿quins interessos privats hi ha darrera aquesta decisió? ¿serien els ciutadans realment més responsables en l'ús dels recursos si aquesta informació fos coneguda? ¿des de l'educació ambiental es poden promoure canvis de fons si manca l'accés a una informació que esdevé clau en la comprensió de la qüestió del cicle integral de l'aigua?*

Paradoxalment, tot i que l'aigua té un preu relativament baix en el nostre país no significa que la seva disponibilitat sigui il·limitada, sinó al contrari, en el període 2007-2008 ja es va patir una situació important de sequera a Catalunya. I precisament perquè és un bé escàs, la qüestió de l'aigua sempre ha generat tensions entre els diferents territoris de Catalunya i amb la resta de l'Estat.

¹⁰ Extret de: <http://www.aiguesdebarcelona.cat/facturadelaigua/factura-aigua/model-factura-aigua/>

L'aigua continua sent un recurs imprescindible no només per a la vida sinó també pel desenvolupament de les economies locals, encara que no sempre es faci sota els criteris de la sostenibilitat. Una d'aquestes tensions van sorgir a finals dels anys 90 en el marc del debat del Pla Hidrològic Nacional (que va ser aprovat a l'any 2001). Es va generar un conflicte socio-ambiental vinculat a l'aigua i els rius d'on va emergir amb força un nou concepte que encara actualment continua viu en el llenguatge de la ciutadania: la Nova Cultura de l'Aigua (NCA). La NCA reivindica que l'aigua no sigui percebuda únicament com a recurs a explotar sinó que advoca per una nova relació que respecti tres components fonamentals: naturalesa, la cultura (història dels pobles, patrimoni, ...) i recurs (Martínez Gil, 2007).

2.3.1.5 El consum d'aigua directe

Tot i que es calcula que per a sobreviure necessitem dos litres/persona i dia d'aigua i que, 20 litres/persona i dia seria l'aigua mínima que s'hauria de garantir com a dret humà, als països industrialitzats aquest consum és molt superior.

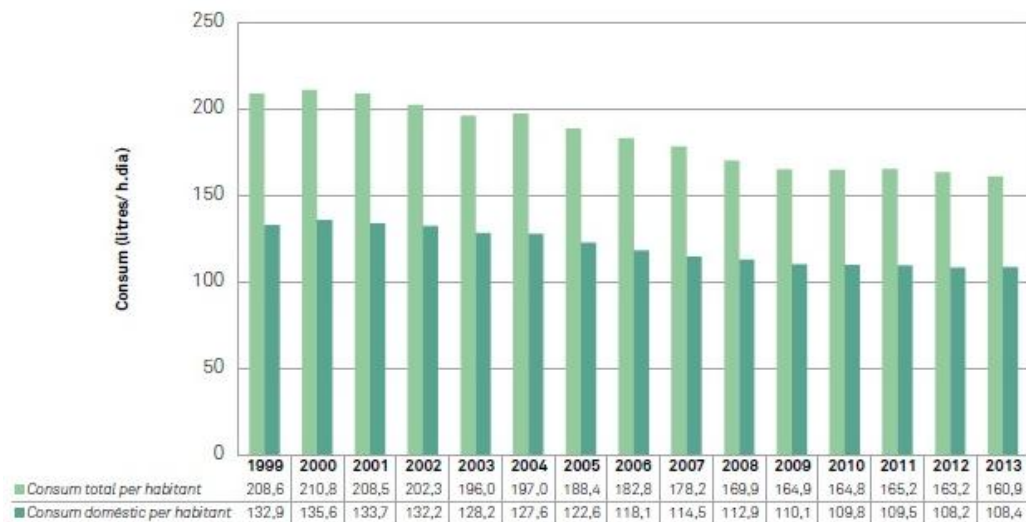
A Catalunya, segons dades sobre el subministrament aigua potable 2012, publicades per l'IDESCAT¹¹, el volum total d'aigua disponible potabilitzada va ser de 256 litres/habitant/dia i segons les dades de facturació declarada per les entitats subministradores d'aigua, un 69% del volum d'aigua es va facturar pel consum domèstic i un 31% pel consum d'indústries i serveis.

A Barcelona, des de la sequera del 2008, s'ha produït una disminució important en el consum d'aigua domèstica i actualment, es registren un dels consums directes d'aigua per habitant més baixos d'Europa. Segons els indicadors publicats per l'Ajuntament de Barcelona (2014)¹² amb dades del 2013 (gràfic 1) el consum d'aigua potable va ser de 160.9 litres habitant/dia dels quals, 108.4 litres habitant/dia van correspondre al consum domèstic. Entre els anys 2000 (any a partir del qual es comença a disminuir el consum) i 2012 (any amb el consum més baix), el consum total per habitant s'ha reduït en més de 47.6 litres dels quals, 27.4 litres corresponen a l'àmbit domèstic.

¹¹ <http://www.idescat.cat/dequavi/?TC=444&V0=11&V1=12>
<http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=231>).

¹² http://www.sostenibilitatbcn.cat/attachments/article/84/Indicadors21_2012.pdf

Gràfic 1. Tendència del consum d'aigua a Barcelona (període 1999-2013)



Font: Indicadors de Sostenibilitat de Barcelona. Informe 2013 (Ajuntament de Barcelona, 2014)

2.3.1.6 El consum d'aigua indirecte

Però la realitat és que aquest dada només representa la punta de l'iceberg ja que no recull el consum per usos indirectes de l'aigua que s'estima unes 30 vegades superior (Olsson, 2012a). I és que en la nostra societat globalitzada, aquest consum indirecte també està globalitzat i genera un impacte ambiental sobre les reserves hídriques d'altres regions o països. Conceptes com la petjada hídrica o l'aigua virtual ajuden a fer visible aquesta qüestió. A la Taula 4 es resumeixen les dades presentades.

Taula 4. Resum de dades d'interès sobre el consum d'aigua

<i>Consum d'aigua</i>	<i>Descripció</i>
2 litres/persona i dia	Aigua mínima per sobreviure
20 litres/persona i dia	Aigua mínima que caldria garantir com a dret humà
50 litres/persona i dia	Aigua a preu reduït proposada en l'aplicació de tarifes segons consum el consum d'aigua
256 litres/habitant i dia	Aigua disponible potabilitzada segons IDESCAT (2012)
163.2 litres/habitant i dia	Consum d'aigua potable a Barcelona (2012)
108.2 litres/habitant i dia	Consum domèstic d'aigua a Barcelona (2012)
47.6 litres/habitant i dia	Reducció del consum d'aigua potable a Barcelona (entre anys 2000 i 2012)
27.4 litres/habitant i dia	Reducció del consum domèstic d'aigua a Barcelona (entre anys 2000 i 2012)
6742 litres/habitant i dia	Estimació del consum d'aigua directa i indirecta (petjada hídrica) dels ciutadans de l'Estat Espanyol

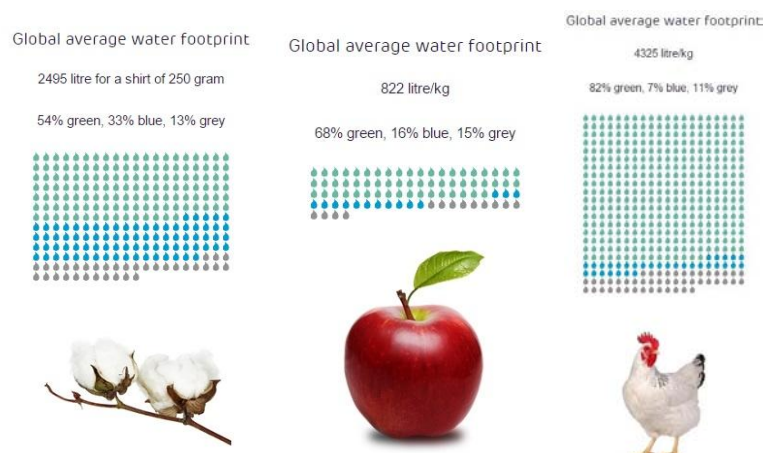
Font: elaboració pròpia a partir de les diferents fonts referenciades en el text

La **petjada hídrica**¹³, és un indicador multidimensional que mesura el volum total d'aigua dolça (directa i indirecta) utilitzada per produir un producte al llarg de tota la cadena de subministrament. Mesura el volum d'aigua consumida en tres àmbits: *petjada hídrica blava* (fa referència al consum d'aigua superficial i subterrània al llarg de tota la cadena de subministrament del producte); *petjada hídrica verda* (volum d'aigua de pluja evaporada o incorporada en el producte abans que s'integri en els fluxos d'aigua); *petjada hídrica gris* (volum d'aigua que hipotèticament seria necessària per diluir els contaminants generats).

La petjada hídrica es pot calcular per a un procés, una indústria, una organització o un país. Per exemple, segons ha publicat WFN, la petjada hídrica de l'Estat Espanyol representa una de les majors petjades hídriques del món amb 2.461 m³ per persona i any (que equival a un consum de 6742 litres/hab/dia). En aquest cas, la petjada hídrica mesura el volum d'aigua utilitzada directa i indirectament per a l'elaboració de productes i serveis consumits pels habitants d'un país o un territori.

Un altre exemple seria la petjada hídrica d'un producte com ara una samarreta que, en aquest cas, s'estima en 2495 litres/250 gr.samarreta dels quals, 54% correspondria aigua verda, 33% aigua blava i un 13% aigua la gris.

Figura 8. Exemple del càlcul de la petjada hídrica de dos productes



Font: Water footprint network¹⁴

Un concepte equivalent, és el **d'aigua virtual** (coneguda com a aigua oculta) que també es pot aplicar tan en un producte (el volum d'aigua dolça usat per produir el producte, mesurat al lloc on realment es fa el producte) com per introduir la idea del comerç de l'aigua. Aquest concepte és de gran utilitat per prendre consciència que a través del comerç de productes, els territoris poden “importar” o “exportar” aigua i permet comparar fluxos d'aigua entre dues nacions o fer balanços. Per exemple, Estats Units,

¹³La definició s'ha adaptat de la web <http://www.waterfootprint.org/index.php?page=files/Glossary> i de José Luís Canga (2015) que és expert en aquesta qüestió i defineix aquests conceptes en un article on line.

¹⁴ Informació consultable a: <http://waterfootprint.org/en/water-footprint/product-water-footprint/>

Argentina i Brasil 'exporten' milers de milions de litres d'aigua cada any, mentre altres com Japó, Egipte i Itàlia n'importen' milers de milions.

Més recentment, el 2013, la Unió Europea ha impulsat el concepte de **petjada ambiental** de la UE amb l'objectiu de mostrar que un producte o una organització té un millor comportament ambiental. Aquesta iniciativa intenta posar ordre a la gran diversitat d'iniciatives i sistemes d'etiquetatge que sovint confonen als consumidors ja que actualment es calcula, segons Canga (2015), que al món existeixen unes 400 etiquetes ambientals.

En resum, totes aquestes iniciatives -concepte de petjada hídrica, aigua virtual i petjada ambiental de UE- permeten prendre consciència i informar dels: usos indirectes de l'aigua a través del consum de productes i serveis; del fet que tots els països poden ser importadors o exportadors d'aigua en funció de les seves activitats econòmiques i; de que en funció de com sigui aquest balanç hídric, cada país viurà en una situació d'alleujament o pressió hidrològica.

2.3.1.7 L'aigua com a bé escàs

Encara que tots aquests conceptes (petjada hídrica, aigua virtual, consums indirectes) tenen poca presència tant a la vida quotidiana com a la vida escolar, són importants perquè permeten comprendre els motius pels quals es diu que l'aigua és un bé escàs malgrat que la quantitat global d'aigua al planeta es conserva. Com s'observa a la taula següent, tot i l'abundància d'aigua al planeta Terra -cobreix un 70% de la seva superfície-, només una petita part correspon a aigua dolça disponible pel consum humà.

L'augment del consum d'aigua com a conseqüència de l'increment de la població mundial i del consum en general, fa augmentar la pressió sobre aquests recursos hídrics, en fa disminuir la seva qualitat (cada vegada que es consumeix aigua, es perd qualitat) i fa que es necessiti més inversió (energètica, econòmica, material) per tornar a disposar d'aigua de qualitat i satisfer així l'augment de les necessitats de consum.

Taula 5. Distribució de l'aigua al Planeta

Volum total d'aigua al planeta Terra	1.400 milions de km³
Volum d'aigua dels mars i oceans	1365 milions de km³
Volum total d'aigua dolça	35 milions de km³ distribuïts de la següent manera:
	68.9 % en forma de gel i neu permanent.
	30.8 % s'emmagatzema sota terra en forma d'aigües subterrànies en aqüífers de fins a 2.000 metres de fondària, en la humitat del sòl i en el permagel.
	0.3% es troba als rius i als llacs i, per tant, és directament utilitzable pel consum humà.

Font: L'aigua i el canvi climàtic a la Mediterrània (Corbera, 2010)

2.3.2 UNA MIRADA CAP AL FUTUR DE L'AIGUA

Les Nacions Unides a través dels diferents programes que impulsa¹⁵, manté la qüestió de l'aigua a l'ordre del dia ja que es preveu que en el 2025, 1.800 milions de persones viuran en països o regions amb escassetat absoluta d'aigua, i dos terços de la població mundial podrien viure sota condicions d'estrès hídric¹⁶. I afirma que l'**escassetat de l'aigua** constitueix un dels principals reptes del segle XXI perquè al llarg del darrer segle, l'ús i el consum d'aigua va créixer a un ritme dues vegades superior a la taxa de creixement de la població. Encara que no es pugui parlar d'escassetat hídrica a nivell global, si que han augmentat el nombre de regions amb nivells crònics de manca d'aigua.

Aquesta situació actual i les previsions de futur ha fet emergir el concepte **seguretat de l'aigua**, que des de les Nacions Unides s'ha definit com *“la capacitat d'una població per salvaguardar l'accés sostenible a quantitats adequades d'aigua de qualitat acceptable per al sosteniment dels mitjans de vida, el benestar humà i el desenvolupament socioeconòmic, per garantir la protecció contra la contaminació transmesa per l'aigua i els desastres relacionats amb l'aigua, i per a la conservació dels ecosistemes en un clima de pau i estabilitat política”* (World Water Assessment Programme, 2013).

La qüestió de l'aigua, juntament amb l'energia, té un impacte important en l'alleujament de la pobresa. De fet la majoria d'Objectius de Desenvolupament del Mil·lenni (ODM) depenen directament de l'accés a l'aigua potable, al sanejament, l'electricitat i l'energia. Però també indirectament, perquè l'aigua i l'energia constitueixen restriccions importants pel desenvolupament econòmic d'un territori, una qüestió cabdal per a la reducció de la pobresa. Per aquest motiu una de les fites plantejades en els ODM ha estat la de *“Reduir a la meitat, en el 2015, la proporció de persones sense accés sostenible a l'aigua potable i a serveis bàsics de sanejament”* un objectiu que continua formant part de l'agenda del post-2015 tal i com s'ha publicat en l'informe *“El camino*

15 Objectius de Desenvolupament del Mil·lenni:

<http://www.un.org/es/millenniumgoals/environ.shtml>

<http://www.objectiusdelmillenni2015.org/millenni.html>

Dècada Internacional per a l'Acció “L'aigua font de vida” 2005-2015:

<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>

Dècada de l'Educació per el desenvolupament Sostenible 2004-2014:

<http://www.unesco.org/new/es/our-priorities/sustainable-development/>

Conferència Rio+20: <http://www.uncsd2012.org/thefuturewewant.html>

¹⁶L'estratègia Catalana d'Adaptació al Canvi climàtic defineix estrès hídric com *“una regió del món pateix estrès hídric quan la quantitat d'aigua dolça disponible en proporció a l'aigua que es consumeix constreny de manera important el desenvolupament. En les avaluacions a escala mundial, es diu freqüentment que una conca pateix estrès hídric quan la seva disponibilitat d'aigua per habitant és inferior a 1.000 m³ /any”*.

hacia la dignidad para 2030”, que presenta una visió de futur pel programa de desenvolupament sostenible per després del 2015¹⁷.

Garantir la seguretat de l'aigua és quelcom ben complex perquè no només cada vegada es consumeix més aigua sinó que els efectes del canvi climàtic farà augmentar encara més la pressió sobre aquest recurs imprescindible. Segons un estudi *Regional Challenges in the Perspective of 2020*¹⁸ Catalunya es considera una zona amb vulnerabilitat mitjana als continus increments de temperatura, i amb vulnerabilitat alta davant els fenòmens meteorològics extrems. En aquest marc sembla evident que el país haurà d'adaptar-se a patir situacions d'estrès hídric que seran cada vegada més freqüents (com les viscudes el 2007-2008). D'altra banda, el Segon Informe del Canvi Climàtic a Catalunya (Llebot, 2010) també alerta que la disponibilitat d'aigua dolça es veurà alterada pels efectes del canvi climàtic a Catalunya. Les projeccions realitzades (fins a 2020) indiquen que l'escalfament global produirà una alteració del cicle hidrològic que consistiria, a grans trets, en una disminució del cabal dels rius, una disminució de la recarrega subterrània i una modificació dels diferents processos biogeoquímics que determinen la qualitat de l'aigua.

Davant aquestes previsions que afectaran tant a la qualitat com a la quantitat d'aigua disponible, la Unió Europea està impulsant la redacció de plans d'adaptació al canvi climàtic¹⁹. A Catalunya, a finals del 2012 es va aprovar l'Estratègia Catalana d'Adaptació al canvi climàtic, que també inclou mesures relacionades amb la gestió de l'aigua i que com a norma general, aposta per adreçar els esforços més cap a l'eficiència en l'ús dels recursos (energia, aigua) que cap a la satisfacció de les demandes. Diverses ciutats europees estan elaborant plans per adaptar-se al canvi climàtic i en les que també s'inclouen mesures relacionades amb la gestió de l'aigua. Per exemple Barcelona²⁰ es prepara per a l'escassetat d'aigua amb l'existència d'una planta dessalinitzadora altament eficient de nova creació i altres mesures complementaries (mesures anomenades toves) com la creació d'incentius per a reduir el consum d'aigua.

2.3.2.1 La urgència d'introduir una nova mirada: el nexa entre aigua i energia

L'informe sobre aigua i energia publicat per la UNESCO (United Nations, 2014) aporta una anàlisi sobre la interrelació entre aquestes dues qüestions. L'informe, alerta que en el futur, la demanda global de recursos hídrics creixerà en tots els sectors on s'utilitza

¹⁷ El camino hacia la dignidad para 2030: acabar con la pobreza y transformar vidas protegiendo el planeta:http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/69/700&referer=http://www.un.org/en/documents/&Lang=S

¹⁸ *Regional Challenges in the Perspective of 2020 (April 2009)*
http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/working/regions2020/index_en.htm

¹⁹ <http://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-in-europe>

²⁰ Extreta de: <http://www.coamb.cat/index.php?contingut=43&id=865&lia=865&any=&mes=#not0>

l'aigua com a conseqüència de l'augment de la població, les activitats econòmiques i l'expansió urbana i aquest creixement, serà més important en els països en desenvolupament o economies emergents. Aquesta alerta també es focalitza en un augment de la necessitat de l'aigua per a la producció energètica i aporta dades interessants que evidencien l'estreta relació aigua-energia i la seva interdependència que resumeix en dos grans qüestions:

- **Satisfer la demanda d'aigua:** la demanda augmenta i per abastir a la població cal l'energia per captar l'aigua, tractar-la, distribuir-la i després del seu ús, tornar-la a recol·lectar i tractar-la abans de retornar l'aigua al medi.

- **Satisfer la demanda energètica:** l'aigua és necessària per produir, transportar i usar totes les formes d'energia. Per exemple, l'aigua és necessària per la indústria extractiva (per produir fuels com carbó, urani, petroli i gas), per a la producció dels biocombustibles (blat de moro, sucre de canya) i també és crucial per al moviment de les turbines de les centrals hidroelèctriques i per l'escalfament de l'aigua (vapor) de les centrals tèrmiques i la refrigeració.

2.3.2.2 Satisfer la demanda d'aigua i la seva relació amb l'energia

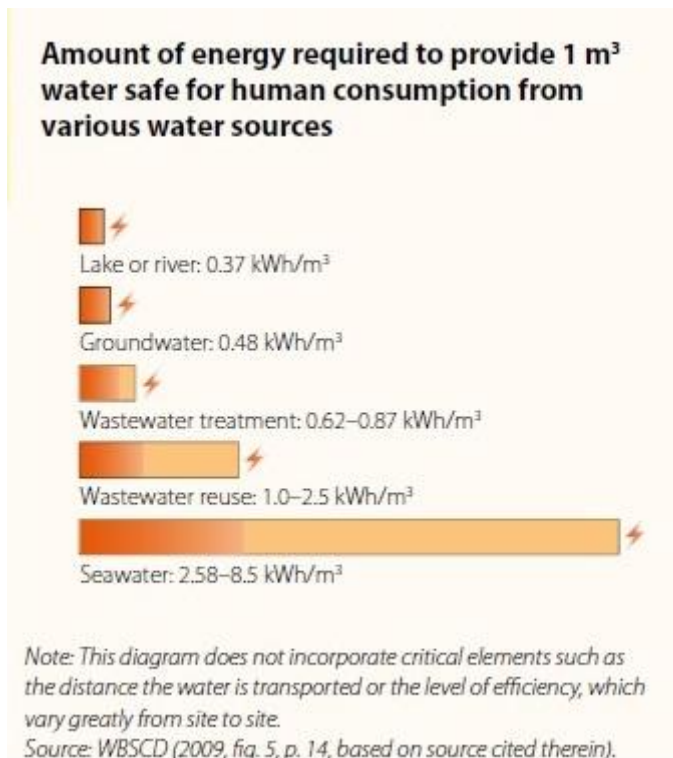
L'energia és requerida en els processos de captació, bombeig i tractament. El consum energètic que necessita cada procés és diferent i dependrà de diverses variables (geografia, localització, tecnologies usades...). Per exemple, en el cas del bombeig el consum energètic dependrà de l'elevació que s'hagi d'efectuar (o de la profunditat d'extracció, en el cas de l'aigua subterrània), de la distància, del diàmetre de la canonada i de la fricció. En el cas del tractament, les necessitats energètiques estaran en funció de diferents variables com la qualitat de l'aigua, el tipus de contaminants i els processos tecnològics utilitzats en relació a l'ús final de l'aigua. En canvi, en el cas de l'aigua per a usos agrícoles, generalment no requerirà cap tractament i les necessitats energètiques seran principalment pel bombeig.

Segons el punt de captació de l'aigua, el consum energètic també variarà. Les aigües subterrànies requereixen d'un consum energètic per a la seva extracció però en canvi, com que presenten bona qualitat en general, necessitarà un tractament menys intens i per tant consumirà menys energia. L'aigua superficial, en canvi, necessita menys energia pel seu transport però com que està més contaminada, requerirà més energia per millorar-ne la seva qualitat. La dessalinització de l'aigua del mar és el procés que consumeix més energia tot i que aquesta variarà en funció de la salinitat i de la temperatura de l'aigua.

A la següent Figura 9 es resumeix clarament l'energia que requereix proveir a la població d' 1m^3 d'aigua pel consum humà provinent de diferents recursos (aigües superficials, subterrànies, mar) i també dels diferents tractaments. Es pot observar clarament com la dessalinització és el procés més costós energèticament, seguit de la

potabilització de les aigües residuals i de la depuració. Els processos de potabilització d'aigua captada de les aigües superficials o subterrànies tenen un cost energètic molt inferior. Aquestes dades donen arguments a favor de la conservació de les reserves hídriques i de la importància de la reducció del consum i la prevenció de la contaminació perquè malgrat, que tecnològicament és possible disposar d'aigua regenerada, els consums energètics del procés són molt importants. Una energia que per produir-la, també depenen dels recursos hídrics.

Figura 9. Energia pel proveïment d'aigua potable segons on es realitza la captació



Font: World Water Development Report 2014: Water and Energy (United Nations, 2014)

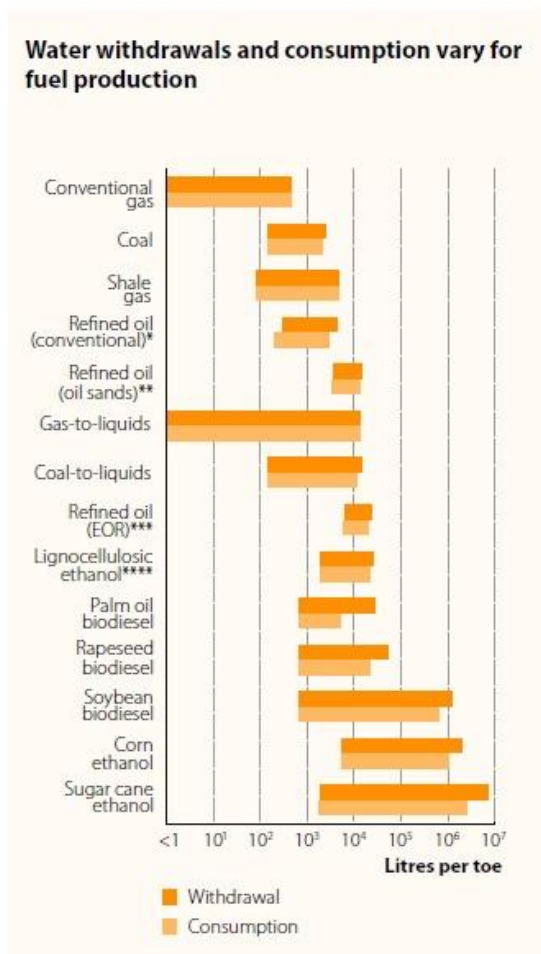
Tanmateix cal destacar que en molts països les companyies concessionàries intenten generar energia dels processos de tractament de les aigües residuals per contrarestar les despeses energètiques de la infraestructura.

D'altra banda, alguns estudis (Olsson, 2012b) indiquen que l'energia consumida per la demanda d'aigua calenta domèstica és més gran que l'energia que cal per captar-la, distribuir-la i tractar-la. Segons aquest autor, les estadístiques indiquen que més del 90% de l'energia relacionada amb l'aigua és consumida a les llars.

2.3.2.3 Satisfer la demanda energètica i la seva relació amb l'aigua

L'aigua és necessària per obtenir els fuels a través de les diferents activitats extractives i és usada de diferents maneres i quantitats en funció del procés d'extracció. El sector energètic és considerat com el sector industrial que més aigua consumeix. A la següent Figura 10 es representen les dades de l'aigua extreta i l'aigua consumida per l'obtenció i producció de combustibles.

Figura 10. Consum d'aigua per a l'obtenció de combustibles



Font: World Water Development Report 2014: Water and Energy (United Nations, 2014)

En el futur més immediat (període 2010-2035) es preveu que la demanda de qualsevol tipus d'energia primària augmentarà i que encara que s'activen polítiques per afavorir les energies renovables, la tendència mundial continuarà centrada en els combustibles fòssils. Per tant és evident que la pressió sobre els recursos hídrics augmentarà i això també pot afavorir una augment de les tensions socials, com les sorgides en contra el *fracking*.

La fractura hidràulica (fracking, en anglès) és una tècnica utilitzada per extreure gas o petroli del subsòl que a través d'uns pous s'injecten grans quantitats d'aigua a pressió barrejada generalment amb sorres i químics que permeten ampliar les fractures existents al sòl i afavorir la seva sortida a la superfície. Els conflictes socials de rebuig a aquesta tècnica evidencien el nexa aigua-energia i la pressió sobre els recursos hídrics. El fractura hidràulica genera tensions socials perquè obtenir combustibles fòssils per cobrir les necessitats energètiques entra en conflicte amb la disponibilitat de recursos hídrics per satisfer altres necessitats de consum. La tècnica, com alerta l'informe publicat pel Parlament Europeu (Lechtenböhrer et al., 2011) posa en perill la disponibilitat d'aigua pel consum humà degut al risc de contaminació de les aigües subterrànies, l'elevat consum d'aigua per a l'extracció del gas i la gestió dels residus contaminants.

2.3.2.4 Promoure noves actituds i comportaments envers l'aigua

El futur indica que no és sostenible continuar fent una extracció intensiva de les aigües subterrànies o de les aigües superficials ja que, en el cas de les aigües subterrànies, es calcula que un 20% es troben sobreexplotades i que l'extracció de les reserves mundials augmenta entre un 1 i 2% anualment (United Nations, 2014). Per aquest motiu, les ciutats han d'orientar el seu futur cap a la minimització del consum d'aigua i la recuperació d'aquest recurs mitjançant la reutilització. La crisi o futura crisi mundial de l'aigua descrita, posa sobre la taula la necessitat d'adoptar noves accions tant en l'àmbit de la gestió pública com en l'àmbit quotidià que garanteixin la conservació de les reserves hídriques naturals i que es fonamenten principalment en les següents idees clau:

- Conservar els recursos hídrics naturals (extracció aigua subterrània i superficial).
- Incrementar l'eficiència en els sistemes d'abastament (reduir fuites).
- Reutilitzar l'aigua i reciclar l'aigua residual.
- Reduir el consum d'aigua i d'energia.
- Dessalinitzar (si compensa el seu elevat consum energètic utilitzant tecnologies molt eficients que es proveeixin d'energies renovables).
- Retenir les aigües pluvials per evitar el col·lapse del sistema de sanejament i poder-les depurar adequadament.

Alguns models de futur calculen que es podria reduir un 65% de la demanda d'aigua i energia actual mitjançant la implementació de les anteriors mesures de conservació. D'altra banda, Olsson (2012) considera essencial que la població prengui consciència del consum d'aigua a casa (quantitat i consums per ús) ja que hi ha estudis que indiquen un elevat desconeixement sobre aquesta qüestió i aquest és un punt de partida necessari per promoure un estalvi d'aigua i d'energia. Considerant que un 90% de l'energia relacionada amb el cicle urbà de l'aigua es consumeix a les llars i considerant també el nexa aigua-energia, s'evidencia que l'estalvi d'aigua a les llars és quelcom d'interès global per a la conservació de l'aigua i per a la reducció de la petjada de carboni.

Tanmateix, com en moltes altres qüestions ambientals, es plantegen alguns interrogants com per exemple: *com fer possible que la ciutadania assumeixi aquests nous reptes si sempre que un vol pot obrir qualsevol aixeta i disposar de tota l'aigua que vulgui? Fins a quin punt les persones estaran disposades a canviar hàbits de consum o l'estil de vida (per exemple alimentació) per reduir el consum d'aigua i energia? La societat està preparada per fer canvis de fons?.* Promoure un ús més sostenible dels recursos hídrics tenint en compte el nexa aigua-energia, pot incloure una gran varietat d'accions. A continuació es destaca una selecció de mesures que poden contribuir a estalviar volums importants d'aigua. Algunes són de caràcter general (taula 6) i d'altres són específiques de l'àmbit de la llar (Taula 7).

Taula 6. Selecció d'accions per a la reducció del consum d'aigua i energia

Acció	Descripció
Més consciència dels usos indirectes de l'aigua	Consultar l'aigua virtual dels productes i serveis que consumim o aplicar altres criteris per prendre decisions a favor d'un consum més sostenible dels recursos naturals. Reduir el malbaratament alimentari donat que a part d'altres consideracions socials, es calcula que el 85% de la petjada hídrica està relacionada amb el menjar.
Més informació sobre la relació aigua i energia	Que les companyies subministradores d'aigua i energia publiquin, per exemple a les factures, la informació sobre el consum d'aigua i energia de les seves activitats i que informin de la importància de reduir el consum d'aigua calenta.
Més estalvi directe d'aigua i energia en tots els àmbits	Les ciutats haurien de planificar els sistemes i les operacions relacionades amb l'aigua i l'energia conjuntament. I les polítiques públiques haurien de promoure i influenciar noves actituds i comportaments a favor de l'estalvi d'aigua i energia.
Més monitorització, aplicar els sistemes intel·ligents (smart) en la gestió de l'aigua	Monitoritzar per detectar fuites o pèrdues d'aigua tant a nivell de ciutat com a nivell domèstic ja que permet prendre consciència del consum, un aspecte que es considera important per reduir-ne el consum. S'estima que pot contribuir a reduir un 20% del consum d'aigua.
Preus de l'aigua més realistes o organitzar la factura en base a preus variables	Que internalitzin o informin dels costos reals associats al cicle urbà de l'aigua i que s'organitzi la factura en base a preus variables en funció del consum d'aigua tenint en compte que les necessitats d'aigua bàsiques són 50 litres persona/dia (5 litres per beure; 20 litres higiene; 15 descàrrega vàter; 10 litres preparació menjar).
Més eficiència en el reg agrícola i dels jardins	Instal·lar sistemes de reg que racionalitzen i controlen el consum d'aigua i rendibilitzen la producció agrícola. Així com evitar pèrdues o fuites de l'aigua. En el cas dels jardins, prioritzar la plantació de plantes mediterrànies donat que tenen menys exigències de reg.
Més aprofitament de l'aigua no potable	Aprofitar les aigües pluvials, les aigües grises i les aigües regenerades per altres usos on no es requereixi aigua potable (baldeig de carrers, reg de parcs i jardins, descàrrega dels vàters).
Més eficiència a la indústria	Millorar l'aprofitament i la racionalització de l'ús de l'aigua mitjançant programes d'estalvi i garantir la qualitat de l'aigua abocada al clavegueram.

Font: Adaptat d'Olsson (2012) i de l'Agència Catalana de l'Aigua²¹

²¹ http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?_nfpb=true&_pageLabel=P1219954461208201162540

Taula 7. Selecció d'accions per a la reducció del consum d'aigua i energia a la llar

<i>Ambit d'acció</i>	<i>Descripció</i>
Vàters	Utilitzar dipòsits amb doble sistema de descarrega i no usar els vàters com a paperera (evitar la contaminació i descàrregues d'aigua innecessàries). O bé, posar 1 o 2 ampolles de plàstic plenes de sorra dins del dipòsit.
Aixetes	Evitar petites fuites d'aixetes gotejant i utilitzar airejadors. Reduir el consum d'aigua calenta. Evitar consums innecessaris. Instal·lar aixetes monocomandament.
Dutxa o bany	Prioritzar la dutxa (enlloc del bany). Utilitzar reductors de cabal per a la dutxa de mà així com fer dutxes més curtes per reduir el consum d'aigua calenta. Guardar l'aigua en un recipient mentre s'espera que surti calenta per tal d'aprofitar-la. Instal·lar aixetes monocomandament.
Màquina de rentar plats i roba	Posar-los en marxa quan estiguin plens i seleccionant programes més eficients. En el cas de la roba, rentar-la com a màxim a 30° perquè els detergents ja podran actuar de manera òptima (i es redueix així la despesa energètica). Les màquines noves utilitzen menys aigua (10 litres en comptes de 50 litres) però encara que fan rentades més llargues en el temps, l'energia consumida és inferior (perquè com que utilitza menys aigua, requereix menys energia per escalfar-la fins als 55°). Si cal renovar els aparells, comprar aquells més que siguin més eficients energèticament i que consumeixin menys aigua (categoria A).
Ús exteriors i reg	Evitar regar amb la mànega i usar altres sistemes més eficients (regadora, reg per goteig) i recollir l'aigua de la pluja. Instal·lar un programador al sistema de reg per escollir el moment del dia més adequat (matinada o vespre) i regular el temps i la freqüència del reg.
Aigua per beure o cuinar	Tenir una gerra d'aigua apunt (enlloc de veure a doll o de beure aigua embotellada). Aprofitar l'aigua sobrant (de bullir verdures, gots, etc.) per altres usos (reg).
Auditar o mesurar el consum d'aigua	Mesurar el consum d'aigua per detectar possibles fuites, per exemple, durant 2-3 hores sense fer cap consum es controla el comptador per comprovar que la lectura sigui exactament la mateixa.
Prevenir la contaminació de l'aigua	Evitar l'abocament a l'aigüera de productes que són de difícil eliminació o nocius (pintura, oli, productes de neteja, dissolvents) i portar-los a la deixalleria. Utilitzar productes naturals com el vinagre o el bicarbonat per desembussar l'aigüera. Prioritzar la compra de productes ecològics i certificats (pintures, dissolvents, productes de neteja) i utilitzar detergents sense fosfats.

Font: adaptat d'Olsson (2012), Agència Catalana de l'Aigua i l'Ajuntament de Barcelona²²

²² Web de Platges i cicle de l'aigua de l'Ajuntament de Barcelona
<http://w110.bcn.cat/portal/site/MediAmbient/>

2.3.3 SÍNTESEI

La qüestió de l'aigua és un tema socialment rellevant i complex on s'interaccionen qüestions de qualitat, quantitat i de relació entre les persones i les societats amb el medi. La pressió sobre els recursos hídrics, com indiquen diversos informes, és provocada per l'augment de la població i el consum mundial, les activitats econòmiques, el canvi climàtic i l'augment de les necessitats energètiques. I aquesta pressió augmentarà en el futur donat que caldrà satisfer les creixents demandes d'aigua i d'energia.

Encara que pot semblar quelcom massa global per poder-hi incidir, com diu Olsson, (2012) la població té un rol important en reduir la demanda d'aigua i per fer-ho possible, un primer pas, és ser conscient del propi consum i dels vincles entre aigua i energia per tal de dur a terme accions conscients per estalviar aigua i energia.

I atès que el 90% del consum d'energia relacionada amb l'aigua és consumida a les llars, encara és més important, les accions individuals envers l'estalvi. El futur de la gestió de l'aigua també s'orienta cap a la conservació dels recursos hídrics, una gestió intel·ligent (smart), el control de fuites, l'estalvi i l'eficiència, la reutilització i reciclatge de les aigües residuals.

Construir aquest futur també implica educar. Alguns autors reivindiquen la importància de l'alfabetització científica-ambiental²³ en la protecció dels recursos d'aigua dolça. En el proper capítol s'aprofundeix en aquesta qüestió.

²³ Gunckel (2012) defineix el concepte d'alfabetització científica i ambiental com la capacitat d'utilitzar el coneixement i les pràctiques científiques per participar en el procés de presa de decisions sobre qüestions ambientals.

2.4 LA CULTURA AMBIENTAL DE L'AIGUA A L'ESCOLA

*Canvia el teu carrer, el teu país, el teu món
(Objectius de Desenvolupament del Mil·leni 2015)*

En aquest darrer apartat s'aprofundeix en tres variables que influencien la formació de la cultura ambiental de l'aigua a l'escola: el marc legal, el suport de la comunitat i la investigació educativa. En primer lloc, es fa referència a la normativa i com els diversos canvis curriculars no sempre han afavorit l'EA. A continuació es planteja com s'articula el suport de la comunitat en el desenvolupament de la cultura ambiental de l'aigua en el cas de Barcelona i dels beneficis de les activitats fora de l'aula identificats des de la recerca educativa. I finalment, s'aprofundeix en els resultats d'algunes de les principals investigacions de referència sobre l'ensenyament i aprenentatge del cicle de l'aigua i es presenten les propostes actuals de progressions d'aprenentatge.

2.4.1 BREU CONTEXTUALITZACIÓ: DE LA NORMATIVA A LA COMUNITAT EDUCATIVA

2.4.1.1 L'encaix de l'educació ambiental en el marc legal educatiu

L'educació formal, ha tingut i encara té un paper molt rellevant arreu en el desenvolupament de la cultura i de la societat. L'escola catalana, al llarg de la seva història, ha anat afrontant diferents reptes: la recuperació de la llengua catalana, la cultura i la tradició; l'escolarització d'alumnat nouvingut d'altres països; l'ensenyament de l'anglès; els canvis curriculars que s'esdevenen amb certa freqüència; entre moltes altres qüestions que societat i governs li han anat delegant o exigint.

Un dels punts febles del nostre sistema educatiu són les modificacions de les normatives vigents en funció del canvi de forces polítiques representades al govern central.

A la dècada dels 90, en el marc de la LOGSE (Llei d'Ordenació General del Sistema Educatiu), l'EA va trobar el seu encaix en el currículum en els anomenats temes transversals que les escoles van desenvolupar utilitzant diferents models d'integració en els projectes globals del centres (Pujol, 2003).

Actualment, els darrers canvis impulsats des de la LOMCE (Llei per a la millora de la qualitat educativa, 2013), contempnen involucions importants respecte a l'anterior normativa, la LOE (Llei Orgànica d'Educació, 2006). Fent una anàlisi dels canvis des de la perspectiva de l'Educació Ambiental, s'han detectat modificacions en els següents àmbits:

a) s'ha eliminat la idea d'actuar a favor de l'entorn en un dels articles:

LOE article 17 h) Conèixer i valorar el seu entorn natural, social i cultural, així com les possibilitats d'acció i atenció d'aquest entorn.

Modificació LOMCE h) Conèixer els aspectes fonamentals de les ciències de la naturalesa, les ciències socials, la geografia, la història i la cultura.

b) s'ha substituït l'educació per a la ciutadania i els drets humans per l'assignatura de religió catòlica o de valors socials i cívics.

*LOE article 18.3 . En un dels cursos del tercer cicle de l'etapa, en les àrees incloses a l'apartat anterior, s'hi ha d'afegir la **d'educació per a la ciutadania i els drets humans**, en la qual s'ha de prestar una atenció especial a la igualtat entre homes i dones.*

LOMCE 3. Els alumnes i les alumnes han de cursar les àrees següents del bloc d'assignatures específiques en cadascun dels cursos: a) Educació física; b) Religió, o valors socials i cívics, a elecció dels pares, les mares o els tutors legals; c) En funció de la regulació i de la programació de l'oferta educativa que estableixi cada administració educativa i, si s'escau, de l'oferta dels centres docents, almenys una de les següents àrees del bloc d'assignatures específiques:1r Educació artística.2n Segona llengua estrangera.3r Religió, només si els pares, les mares o els tutors legals no l'han escollit en l'elecció que indica l'apartat 3.b)4t Valors socials i cívics, només si els pares, les mares o els tutors legals no l'han escollit en l'elecció indicada a l'apartat 3.b).

Aquesta substitució de l'assignatura d'Educació per a la Ciutadania i la vinculació de la religió al sistema educatiu, ha estat un dels aspectes qüestionats perquè van en contra de les recomanacions de la Unió Europea d'educar per a la convivència de les societats plurals. Un canvi que, entre d'altres que s'han plantejat, representen una involució del sistema educatiu i que en el cas de l'educació ambiental també hi té un efecte ja que en alguns centres es dinamitzaven projectes d'educació ambiental a través d'aquest espai educatiu que oferia aquesta assignatura.

Tanmateix, aquest canvi possiblement no esdevindrà un obstacle insalvable en el desenvolupament de l'educació ambiental als centres perquè els projectes ja es dinamitzaven abans de l'existència d'aquesta assignatura.

Que les escoles continuïn impulsant iniciatives d'educació ambiental és quelcom imprescindible perquè, segons estudis realitzats en l'àmbit de les experiències de vida significatives (CHAWLA, 1999, 2006; LI; CHEN, 2014; PALMER, J., 1996), l'escola i les vivències que s'hi generen (juntament amb altres factors) han tingut un paper important en persones que actuen proambientalment. A més a més, com afirma Sanmartí (1994) per a molts nens i nenes, l'escola pot esdevenir l'únic o dels pocs espais on pensar, comprendre, parlar i actuar a favor de la sostenibilitat.

Però és evident que el temps educatiu és limitat i que a l'escola no "hi cap" tot. En aquests darrers anys, s'han produït una sèrie de canvis en el marc curricular i també d'altres que han estat promoguts des de la pràctica educativa de les escoles o impulsats des de la comunitat. Tots aquests canvis, ja vinguin dels marcs legals o dels marcs

“reals” plantegen repensar una escola que doni resposta a les necessitats actuals i futures de l’alumnat del segle XXI, una escola que es replantegi quins continguts abordar, quins enfocaments pedagògics i sobretot, amb quina finalitat (Innerarity, 2010; Unesco, 2015; Sanmartí & Marchán, 2015).

En primer lloc, el marc legal vigent planteja un currículum per competències amb l’objectiu de donar respostes als reptes que es plantegen en una societat canviant on cal aprendre a l’escola i també més enllà de l’escola. L’enfocament curricular actual (aprovat el 2009) va ser elaborat fruit d’un debat obert a la comunitat educativa prenent com a marc de referència la idea de les competències bàsiques. Planteja la importància que els nens i nenes adquireixin eines i coneixements per entendre el món d’ara però també el del futur (aprendre al llarg de tota la vida) i que els continguts, procediments i actituds que sorgeixen fruit d’un procés d’ensenyament-aprenentatge no només serveixin a comprendre o resoldre aquell context concret sinó que puguin ser transferits a d’altres situacions. I en el cas de la competència científica, els coneixements no tenen com a finalitat el ser repetits, sinó el saber-los utilitzar per actuar (Sanmartí, 2003b).

El currículum orientat a l’adquisició de competències estableix que la finalitat de l’educació obligatòria és aconseguir que els nens i les nenes adquireixin les eines necessàries per entendre el món i esdevinguin persones capaces d’intervenir activament i crítica en la societat plural, diversa i en canvi continu que ens ha tocat viure. Un currículum per competències significa ensenyar a aprendre i seguir aprenent al llarg de tota la vida. La idea de competència se sustenta en els diferents tipus de continguts (conceptuals, procedimentals i actitudinals) i està relacionada amb la capacitat d’activar-los o mobilitzar-los per fer front a situacions diverses i actuar-hi de forma eficaç. (Currículum Educació Primària, Generalitat de Catalunya, 2009, pp.7)

S’entén per competència la capacitat d’utilitzar els coneixements i habilitats, de manera transversal i interactiva, en contextos i situacions que requereixen la intervenció de coneixements vinculats a diferents sabers, cosa que implica la comprensió, la reflexió i el discerniment tenint en compte la dimensió social de cada situació. (Currículum Educació Primària, Generalitat de Catalunya, 2009, pp.172)

Encara que en el currículum actual no es defineixi una àrea explícita per a l’educació ambiental si que es reconeix la importància d’abordar les qüestions socio-ambientals. En aquest sentit el plantejament basat en les competències constitueix una bona oportunitat per a fer EA (Espinete et al, 2015) donat que aquesta passa a ser un eix transversal del currículum (que a la pràctica en alguns centres podia tenir poca presència), a ser un eix més “estructural” del currículum ja que forma part de les competències bàsiques. Per exemple, en el cas de l’educació primària, entre els seus objectius i les competències específiques que s’hi descriuen, s’hi inclouen aspectes estretament vinculats amb l’educació ambiental:

Conèixer, valorar i estimar l’entorn natural, social i cultural més proper, reforçant així el sentiment de pertinença i arrelament al país i la capacitat d’extrapolar aquests coneixements al món en general; comprendre, a partir de l’observació de fets i fenòmens senzills, els principals mecanismes que regeixen aquest entorn per tal de ser capaç de prendre compromisos

responsables per mantenir-lo o introduir-hi elements de millora. (Currículum Educació Primària, Generalitat de Catalunya, 2009, pp. 169)

Aprendre a habitar el món requereix la comprensió per part de l'alumnat de la realitat que l'envolta, que es reconegui en la seva pertinença al grup i a la societat, que interactuï amb l'entorn i es comprometi a la seva millora. (Currículum d'Educació Primària, Generalitat de Catalunya, 2009, pp. 25)

Tot i que aquest marc legal és imprescindible per ajudar als centres a consolidar nous enfocaments de desenvolupament curricular de caràcter més competencial, aquest no ha suposat una transformació immediata de la pràctica educativa de tots els centres. Són diversos els obstacles que ho dificulten, en el cas de la competència científica Pedrinaci et al. (2012) identifiquen com a obstacle, l'escassa formació teòric-pràctica de tot el professorat directament implicat en el desenvolupament de la competència científica escolar o dels pocs materials de suport del desenvolupament curricular de caràcter competencial.

2.4.1.2 El suport de la comunitat en el desenvolupament de l'EA a l'escola

El recolzament de la comunitat (institucions, empreses, entitats...) en oferir recursos, activitats i programes en l'àmbit específic de l'educació ambiental ha estat notablement important en aquests darrers 15 anys. En són exemples l'Agenda 21 Escolar i Escoles Verdes però també molts altres programes de visites i activitats externes (per exemple, *Com funciona Barcelona*, *Compartim un futur*, *Coneguem els nostres parcs* o visites a equipaments d'educació ambiental i museus, en són una mostra). Tots aquests recursos que s'han posat a l'abast dels centres educatius, han fet possible la dinamització de nombroses iniciatives innovadores en aquest camp.

En el cas de Barcelona, que és l'àmbit d'estudi d'aquesta recerca, el Programa Agenda 21 Escolar - iniciat al curs 2001-2002 i que actualment s'anomena Barcelona Escoles+Sostenibles (BcnE+S)- ha engrescat als centres a iniciar accions, a consolidar-les i a continuar amb noves iniciatives a través d'una proposta metodològica fonamentada en l'autonomia i la flexibilitat que ha afavorit la continuïtat dels centres participants al llarg dels anys:

L'Agenda 21 escolar és un projecte a mitjà i llarg termini de transformació de la mateixa escola o institut que parteix del desig de construir una escola i una societat més sostenibles mitjançant la formació de persones que siguin capaces i se sentin capaces de transformar la seva realitat. (Weissmann & Franquesa, 2011, pp.18).

L'Agenda 21 Escolar proposa una metodologia senzilla i flexible que ajuda a cada centre a fer el seu propi camí, progressant cadascú al seu ritme, segons les seves característiques, possibilitats o nivells de compromís. Cada centre analitza el seu punt de partida i determina els seus objectius i accions. El resultat és la síntesi entre allò desitjable i allò possible. (Weissmann, Rodríguez, Jurado, & Pomeroy, 2013, pp. 61)

A Catalunya, diferents grups de recerca i xarxes universitàries focalitzen el seu interès en l'educació ambiental, els centres educatius i la comunitat. En són exemples els grups Complex (UAB), Gresca (UAB), Greca (UdG) i la xarxa EduSost. Però tot i així, segons Espinet et al (2015), encara manquen estructures estables dins les universitats que donin suport a la recerca i assegurin la continuïtat de la qualitat d'aquestes investigacions.

Alguns dels treballs de recerca realitzats a Catalunya identifiquen i descriuen els beneficis del suport de la comunitat local als centres educatius en el procés de construcció d'un futur més sostenible des de l'educació. Per exemple, Heras (2014) i Medir et al. (2015) analitzen la contribució dels equipaments d'EA en les sortides escolars que es realitzen en l'àmbit de l'Educació Primària a Girona i els resultats evidencien alguns dels seus beneficis com la contribució al compromís ambiental i la cohesió social. Un altre exemple, és el treball de Forestello (2010) que analitza els processos participatius que s'impulsen des de l'Agenda 21 Escolar en centres de secundària de Barcelona i elabora un sistema d'indicadors per orientar aquests processos. En el cas de l'avaluació estratègica del Programa de l'Agenda 21 Escolar de Barcelona coordinada per l'Institut de Govern i Polítiques Públiques de la UAB (Weissmann et al., 2013), s'articula una visió prospectiva dels diferents actors implicats en els programes i s'exposen, entre d'altres, evidències de la valoració positiva que fan els centres educatius en relació als serveis rebuts del Programa. I finalment, el treball de recerca de Llerena (2015) que analitza la col·laboració escola-comunitat d'una experiència de agroecologia escolar de més de 7 anys de durada en el municipi de Sant Cugat del Vallès.

Tanmateix, al nostre país cal més recerca per continuar aprofundint en la influència dels diferents programes d'EA orientats als centres educatius. Com afirmen Rickinson et al (2015) cal iniciar estudis que analitzin la complexitat de la influència dels programes i no només dels seus impactes.

2.4.2 ENSENYAR I APRENDRE SOBRE EL CICLE DE L'AIGUA

Paral·lelament als plantejaments curriculars i les propostes de la comunitat, també cal esmentar que actualment les escoles estan en un procés de canvi important -canvis metodològics, organitzatius, d'enfocaments- que estan transformant poc a poc l'escola catalana. En aquestes tendències de canvi, l'educació ambiental també hi és present -ja sigui de manera implícita o explícita- ja que per a molts centres aquesta esdevé una part essencial de l'educació del segle XXI, especialment si és entesa com Weissmann et al cita (2013, pp.60) *“l'educació ha d'ajudar-nos a entendre millor el món en el que vivim, per poder encara la complexitat dels seus problemes i construir democràticament solucions ben informades”*.

En aquesta línia es desenvolupen els moviments com l'*educació lenta* (Domènech, 2009), l'*educació lliure*, l'*educació viva* (Wild, 1999), l'*educació verda* (Freire, 2010), que comencen a impregnar els centres educatius (també els públics) que cerquen com donar resposta a les necessitats de l'alumnat. Aquestes iniciatives centren els seus marcs teòrics en els que van inspirar i impulsar l'escola catalana de la república (Montessori, Dewey, Cousinet, Freire, Rosa Sensat, Angeleta Ferrer, entre d'altres) així com d'altres experiències més recents que plantegen la substitució progressiva de les assignatures pels projectes o el treball en context que en molts casos recullen les temàtiques transversals com l'educació ambiental.

2.4.2.1 Una mirada des del marc curricular i dels recursos de suport als centres

S'ha comentat que les propostes d'activitats d'ensenyament-aprenentatge sobre les temàtiques ambientals estan influïdes pels currículums educatius, pels coneixements i interessos del professorat i els recursos i les activitats que el professorat té a l'abast o que la comunitat li ofereix.

A nivell curricular, a l'educació primària la qüestió de l'aigua es troba inclosa a l'àrea del coneixement del medi natural del currículum vigent (Generalitat de Catalunya, 2015). Al Cicle Mitjà, dins de bloc "matèria i energia" s'inclouen continguts com: *l'experimentació dels canvis d'estat de l'aigua i la seva reversibilitat; relació del cicle natural i humà de l'aigua; i l'ús responsable de l'aigua*. I en els criteris d'avaluació d'aquest cicle també s'hi inclou la importància d'*identificar alguns dels usos que es fan dels recursos naturals i algunes de les conseqüències que se'n deriven. Analitzar l'impacte d'algunes activitats humanes sobre els recursos i en particular sobre l'aigua*. En el cas del cicle superior, es fa referència a continguts com: *propietats de l'aigua com a dissolvent i identificació d'alguns fenòmens naturals: els terratrèmols i les avingudes d'aigua*. I en els criteris d'avaluació, es fa referència a "*valorar, entre d'altres recursos, l'aigua com un bé escàs, i conèixer maneres diferents de prevenir o reduir*".

El principal canvi d'aquest nou currículum (Generalitat de Catalunya, 2015) respecte l'anterior (Generalitat de Catalunya, 2009) és que s'afavoreix una visió més interrelacionada del cicle natural i urbà de l'aigua ja que anteriorment, a cicle mitjà es proposava desenvolupar el contingut del cicle natural i en el cas del cicle superior de primària, es proposava el contingut del cicle humà.

A nivell de formació del professorat, una de les apostes més visibles per a millorar l'educació científica, ha estat la dotació del Departament d'Educació de *l'Aula de Ciències amb suport TIC a infantil i primària* a 350 escoles de Catalunya (iniciada el curs 2005-2006) i les formacions d'acompanyament ja que han esdevingut, com afirma Carbó et al (2008 guix) "*una oportunitat generalitzable d'actualització per a tornar a pensar col·lectivament com volem l'ensenyament de les ciències a les nostres escoles*". Aquesta dotació comprèn diversos recursos materials per utilitzar dins i fora de l'aula

d'ús quotidià, de laboratori i eines TIC amb l'acompanyament d'una proposta formativa específica.

I actualment, l'eina "Aplicació de Recursos al Currículum (ARC)", és l'espai d'intercanvi que continua actiu i que permet difondre i compartir activitats d'innovació en l'àmbit de l'educació científica. Unes propostes que tenen com a denominador comú promoure la construcció d'aprenentatges a partir d'activitats que fomentin un equilibri entre el *pensar, fer o experimentar i comunicar* a les classes de ciències (Izquierdo et al., 2004; Pujol, 2003).

D'altra banda i en el cas de la ciutat de Barcelona, també cal destacar el suport de programes com BcnE+S en el desenvolupament de projectes d'educació ambiental vinculats a una gran diversitat de temàtiques entre les quals també s'hi inclou la qüestió de l'aigua. Aquest suport es duu a terme mitjançant l'assessorament, la formació, l'intercanvi i comunicació d'experiències, l'accés a recursos i a diverses publicacions²⁴.

En el cas de la temàtica de l'aigua, des de BcnE+S s'ha estimulat propostes complementàries al coneixement del cicle de l'aigua. Per exemple, les ecoauditories plantegen identificar el consum i ús de l'aigua al centre per tal d'elaborar plans d'acció específics que permetin reduir-ne el consum i modificar els hàbits de la comunitat educativa. Aquesta i d'altres propostes s'han estès a través de les formacions, de publicacions com l'ecoauditoria al centre educatiu (Franquesa et al., 2003) i altres recursos disponibles en préstec al Servei de Documentació en Educació Ambiental com per exemple: la Guia Hàbitat d'activitats d'educació ambiental (Franquesa (dir), 1998)²⁵, la guia de l'aigua (Abril & Maluquer, 1999), la guia d'educació ambiental *L'aigua i la ciutat* (Adell, Esquerrà, Maluquer, & Schaefer, 2002), el recull de recursos sobre l'aigua (2005)²⁶ i la maleta de l'aigua (2009)²⁷. I l'any 2005, es publicava un catàleg de bones pràctiques dels signants de l'A21 (Castiella & Franquesa, 2005) on també es resumeixen les activitats realitzades pels centres en relació a la qüestió de l'aigua.

²⁴ El Programa Agenda 21 Escolar promou la innovació educativa amb criteris de sostenibilitat, impulsant una revisió en profunditat de plantejaments i pràctiques educatives que provoqui canvis reals als centres i en el seu entorn. Són prioritats: estendre la idea del desenvolupament sostenible i les bones pràctiques sostenibles a la ciutat de Barcelona a través de la participació activa dels centres educatius; potenciar a les escoles una cultura basada en la participació i cooperació; sistematitzar i estendre experiències escolars (puntuals, fins al moment) i organitzar una xarxa d'escoles sostenibles. *Font:* Ajuntament de Barcelona (2010a)

²⁵ La Guia actualment es troba actualitzada on line al 2010 <http://www.ersilia.org/Habitat/>

²⁶ Publicat pel Servei de Documentació en Educació Ambiental (SDEA) i disponible a http://www.scea.cat/documents/recullrecursos/2_RR_Aigua.pdf

²⁷ Publicat pel SDEA i disponible a http://www.scea.cat/documents/recullrecursos/RRMaleta_Aigua_DEF.pdf

D'altra banda, les escoles de Barcelona reben moltes altres propostes d'activitats i recursos relacionats amb l'aigua. A la diagnosi realitzada en el marc del Pla d'Equipaments i Recursos per l'Educació Ambiental del cicle de l'aigua a Barcelona (Salvador, Schaefer, & De la Aldea, 2011) s'ha identificat una oferta força important:

- 31 equipaments relacionats amb la difusió i EA que tracten la temàtica de l'aigua (un 35.5% són instal·lacions del cicle de l'aigua).
- 295 propostes d'activitats ofertes. Un 53% estan dirigides al públic escolar, un 45% fan referència al cicle urbà de l'aigua (la majoria són visites o rutes guiades a instal·lacions d'abastament o sanejament) i un 26% fan referència al cicle natural.
- 40 recursos específics sobre l'aigua (material on-line, exposicions itinerants, publicacions).
- 62 elements d'aigua inclosos en el catàleg del patrimoni.

Els resultats d'aquesta diagnosi destaquen que les temàtiques més tractades en relació al cicle urbà de l'aigua són les que fan referència a l'abastament, el cicle integral de l'aigua i el sanejament. I en canvi, afirmen que a l'oferta actual hi mancarien continguts com per exemple, la distribució i el consum, l'ús racional de l'aigua, les característiques físiques de l'aigua o la seva contaminació, que són molt importants per afavorir la capacitat per actuar.

Tot i que l'estudi no aprofundeix en la influència d'aquesta oferta en l'aprenentatge de l'alumnat i en el suport de la tasca docent del professorat, com ja s'ha comentat en el primer capítol²⁸, són nombroses les recerques internacionals en l'àmbit de l'educació científica i de l'educació ambiental que destaquen el valor de les sortides i de les activitats fora de l'aula en l'aprenentatge (Braund & Reiss, 2006; Del Carmen, 2010; Dillon et al., 2006; Medir, 2003; Rickinson et al., 2004).

Algunes investigacions en aquest camp sí que han centrat la seva atenció en l'anàlisi de la contribució de propostes puntuals o de curta durada en l'aprenentatge dels nois i noies. Per exemple, Angulo, Zapata i Soto (2012) aporten evidències de com els tallers d'un museu de ciències contribueixen a desenvolupar actituds cap a la conservació de l'ambient que no havien estat detectades en iniciar els tallers. Altres autors, afirmen que els programes més efectius són els que tenen una durada més extensa en el temps (Dillon, Rickinson, 2006; Bogner, 1998) i en aquesta mateixa línia Liefländer (2014), que ha analitzat l'efectivitat d'un programa de 4 dies sobre l'aigua, ha identificat resultats més positius en els grups d'estudiants més joves (9-10 anys).

Tanmateix, com destaca Hill (2013), hi ha altres variables que també poden influenciar en la l'efectivitat de les activitats externes. Per exemple, aquest autor destaca el paper del lloc i de l'experiència que s'hi desenvolupa (especialment si està basada en els principis de la *pedagogia lenta* perquè ajuda a establir vincles amb l'entorn), la

²⁸ vegeu apartat *El paper de l'entorn i de la comunitat*

importància d'afavorir el coneixement de l'entorn local o de les propostes d'acció vers la conservació de l'entorn. D'altra banda, també hi ha estudis que confirmen que l'interès del professorat cap a les activitats fora de l'aula i cap al medi natural tenen una influència rellevant en l'efectivitat d'aquestes propostes en l'aprenentatge (Carrier, Tugurian, & Thomson, 2013) i poden contribuir a millorar la coherència del treball que el professorat pugui fer a l'aula tant previ com posterior.

I finalment, Ballantyne i Packer (2006) destaquen la importància de l'existència d'aquestes propostes fora de l'aula, especialment les que s'ofereixen des dels equipaments d'educació ambiental, perquè contribueixen a establir nous vincles entre escoles i equipaments que poden estimular noves formes de cooperació i de realització de projectes comuns en l'àmbit de l'EA.

Tanmateix tot i els beneficis descrits, en general, el professorat continua realitzant un nombre escàs de sortides i no les potencia adequadament en termes de l'aprenentatge de l'alumnat (Rebelo, Marques, & Costa, 2011).

En síntesi, són nombrosos els recursos (materials, tallers, visites, etc.) que s'ofereixen als centres educatius per a desenvolupar projectes d'EA i també són diversos els estudis que destaquen les aportacions d'aquests en l'aprenentatge de l'alumnat. En el cas d'aquesta recerca, s'ha plantejat analitzar la influència d'aquests recursos en l'aprenentatge de l'alumnat i en el context de la ciutat de Barcelona ja que no existeixen estudis en profunditat que focalitzin la mirada en el procés d'aprenentatge de l'alumnat.

2.4.2.2 Una mirada des del marc de la investigació educativa

A part dels marcs curriculars i de les pràctiques educatives, les aportacions de la investigació educativa també són necessàries perquè possibiliten conèixer com aprèn l'alumnat i què ajuda a fer evolucionar les seves idees. En l'àmbit de la didàctica de les ciències, hi ha nombroses aportacions sobre l'ensenyament i aprenentatge del cicle de l'aigua i també, tot i que en menor nombre, sobre l'impacte de les activitats de l'ésser humà en aquest cicle. I en l'àmbit de la psicologia ambiental, també hi ha nombroses i interessants recerques que aprofundeixen en la qüestió del canvi de comportaments.

Encara que forma part d'un altre marc de referència, l'obra "*La representación del mundo en el niño*" (Piaget, 1981) escrita per Jean Piaget l'any 1933 ha estat referent i punt de partida per molts dels estudis que posteriorment s'han elaborat en relació a la temàtica de l'aigua. En el capítol dedicat a la "meteorologia i l'origen de les aigües", s'exposa les representacions del món que es donen espontàniament en els infants en el transcurs de les diferents etapes del seu desenvolupament intel·lectual. Concretament s'aprofundeix en: l'origen dels núvols, els trons i els llamps, la formació de la pluja, l'explicació de la neu, el gel i el fred, els rius els llacs i els mars i l'origen primer de les aigües. Piaget i els seus col·laboradors partiren de les següents preguntes identificades per altres autors i en treballs anteriors:

Per què cau la pluja? D'on ve; Què és la boira? Què és allò que la produeix; D'on ve la neu? Què és el que produeix trons i llamps? Què és el tro? Per a què serveix? Qui fa tronar?; Què és el que produeix la neu?; Jo em pregunto, perquè porta tanta aigua un riu, perquè no ha plogut gaire...

Si es comparessin els resultats del treball de Piaget amb les respostes que donarien actualment els nens i nenes, molt possiblement identificaríem canvis importants en el coneixement dels nens i nenes que són reflex de l'alfabetització científica de la societat. Però també, reconeixeríem que hi ha concepcions que es continuen perpetuant. Per exemple, a l'etapa descrita com "artificialisme" en què les explicacions dels infants inclouen mites diversos com el paper de Déu avui en dia, seria pràcticament inexistent o anecdòtica. En canvi, a les següents etapes s'inclouen explicacions que mesclen coneixements apresos amb idees dels infants, algunes de les quals continuen sent presents, com per exemple "*els núvols baixen al mar per agafar aigua o bé que el vapor és el que "agafa" l'aigua per formar la pluja...*". D'altra banda, Piaget també advertia que encara que alguns infants utilitzessin conceptes científics com "l'evaporació" per explicar la formació dels núvols, en aprofundir-hi no tots tenien clar com explicar aquest fenomen. També alertava de les dificultats per explicar el procés de condensació i formació de la pluja, un aspecte que, com s'analitzarà en aquest treball, encara no s'ha aconseguit millorar.

Un altre referent important és l'estudi d'Osborne i Cosgrove (1983) sobre les concepcions dels nens i nenes associades als canvis d'estat. Els autors van evidenciar que les idees de l'alumnat eren molt diferents de les idees acceptades per la comunitat científica alhora que aquestes, sovint també estan influenciades per les estratègies d'ensenyament-aprenentatge de les ciències. I destacaren la importància de conèixer les idees inicials de l'alumnat per dissenyar una seqüència que afavoreixi els canvis en l'aprenentatge cap a la direcció desitjada. Els autors afirmen que "*els nens i nenes no agafen una idea nova a no ser que aquesta sigui millor i la reemplaci*" i en referència als conceptes relacionats amb els canvis d'estat, destaquen que "*aquests conceptes poden ser introduïts en aquelles edats on els nens i nenes tenen curiositat i estan interessats en cercar les explicacions*". En el cas concret del fenomen de la condensació, van confirmar l'advertència de Piaget en identificar que malgrat que l'alumnat en observar-lo era capaç d'identificar el procés pel seu nom, quan se'ls hi preguntava què volia dir aquest concepte, la majoria d'ells mostraven poca comprensió real.

Les aportacions del treball de Bar (1989) sobre l'anàlisi de la construcció de tres processos del cicle de l'aigua (evaporació, condensació i precipitació) mitjançant l'entrevista clínica amb alumnat de 5 a 15 anys també ha estat un referent destacat. En les conclusions del seu treball es destaca l'evidència que els nens i nenes construeixen les pròpies explicacions en funció dels coneixements que tenen, per exemple:

- quan no tenen cap mecanisme per explicar el canvi de fase, les explicacions que fan del cicle de l'aigua és que l'aigua sempre es manté líquida;

- quan el mecanisme de canvi de fase és l'ebullició, l'ebullició de l'aigua del mar per part del Sol és l'explicació utilitzada;
- quan el procés de canvi de fase que es coneix és l'evaporació, és aquest el que es fa servir;
- quan es reconeix que l'aigua de la pluja torna al mar, l'aigua del mar és utilitzada altre cop per crear els núvols;
- quan es reconeix l'existència del vapor d'aigua, l'aire i les petites gotes d'aigua, la condensació es diferencia de la precipitació i la gravetat és utilitzada per explicar els motius pels quals les gotes cauen.

I conclou que *“la comprensió del concepte d'evaporació és una condició necessària per fer una mirada al mecanisme de la pluja que contingui les idees de condensació i pesadesa”*. I de les propostes que descriu per ensenyar el cicle de l'aigua, en destaca la importància d'introduir les idees inicials a l'edat dels 9 anys perquè és quan el concepte d'evaporació comença a construir-se i de reprendre la qüestió i d'introduir la resta de conceptes més endavant, seguint una progressió d'aprenentatge.

Posteriorment nous treballs de Bar i Travis (1991) afegixen a l'anterior la importància de reconèixer l'existència del vapor d'aigua a l'atmosfera per acceptar que aquesta es pot condensar i tornar a ser aigua líquida. A més també alerten de l'existència d'idees molt persistents i que poden continuar sent observades en nois i noies d'edats més grans encara que hagin cursat més assignatures de ciències. I per ajudar a millorar aquests coneixements destaquen la importància de les experiències quotidianes i de les activitats experimentals. Més endavant, Tytler (2000) va estudiar les concepcions sobre l'evaporació i la condensació i els seus resultats tornen a posar en relleu la dificultat del concepte de la condensació ja que els alumnes inclouen menys explicacions que en comparació al concepte de l'evaporació, es perden en l'ús del llenguatge i no la relacionen amb el cicle de l'aigua.

El treball d'investigació de Taiwo et al (1999) amplia els anteriors i aprofundeix en la interpretació dels processos de formació de núvols, la precipitació i la formació de l'arc de sant martí i classifica les respostes en funció de la tipologia de coneixement que utilitza l'alumnat (cultural, pseudocientífic o científic). A més a més, analitza l'existència de diferències en funció del gènere i de residència (si l'alumnat viu en zones rurals, peri-urbanes i urbanes). Tot i que els resultats van mostrar que poc més de la meitat de l'alumnat (el 53%) feia ús de respostes científicament correctes, va detectar millores en els resultats en funció del curs dels enquestats. Fet que permetia evidenciar la influència de l'escola en els aprenentatges dels nens i nenes en la funció reguladora de les idees prèvies basades en explicacions pseudocientífiques o culturals.

La recerca de Gómez-Granell i Moreno (1989) de l'Institut Municipal d'Educació (Ajuntament de Barcelona) per identificar com els materials curriculars de suport actuen de mediadors entre el disseny curricular de base i la pràctica docent, van avaluar l'ús de la unitat didàctica Barcelona i l'Aigua creada per Sanmartí i Pujol (1990). Aquest

material introduïa la mirada sobre el funcionament del cicle urbà de l'aigua. Per a dur a terme l'avaluació es va realitzar un diagnòstic inicial i final per conèixer les concepcions de l'alumnat sobre el cicle de l'aigua utilitzant la tècnica del dibuix que permetia reconèixer els coneixements del cicle natural i urbà de l'aigua i la visió ambiental predominant davant la resolució d'un problema ambiental. Els resultats van permetre identificar relacions entre els coneixements finals i les activitats realitzades i una de les conclusions, indicava l'existència d'una relació positiva entre el grau de mobilització de les idees de l'alumnat amb la quantitat i tipus d'estructuració de continguts abordats al llarg de la unitat didàctica. Aquest treball i el seu enfocament metodològic han esdevingut un referent per aquesta recerca ja que s'ha fet una adaptació de l'eina del dibuix i les categories utilitzades, també han esdevingut d'utilitat per a seleccionar i definir les d'aquest estudi.

Dove et al (1999) introdueixen una nova mirada a la investigació sobre el cicle de l'aigua des d'una perspectiva de sistema (i no tant dels diferents processos que fan funcionar el sistema) ja que aprofundeix en el concepte de conca hidrològica. A més a nivell metodològic, utilitza la tècnica del dibuix, com a instrument per ajudar a l'alumnat a explicitar els seus coneixements. L'objectiu del seu estudi era identificar les idees de l'alumnat envers el concepte de conca (percepcions sobre inici i final del curs riu, preferències en la seva representació, aspectes que inclouen o obvien...). Per analitzar els continguts dels dibuixos, van elaborar unes categories d'anàlisi en les que es pot identificar com evolucionen aquestes representacions a mesura que l'alumnat amplia els coneixements sobre el tema d'estudi. Els resultats han permès identificar tendències de representació, com per exemple: la tendència a fer una representació estereotipada d'un riu situat en el marc d'un paisatge natural o rural; que el riu segueixi unes direccions concretes (de dalt a baix i d'esquerra a dreta) enlloc de fer fluir els rius en qualsevol direcció; que tinguin més clar on finalitzen que no pas on neixen els rius i la no representació de les aigües subterrànies.

Aquest enfocament metodològic ha inspirat recerques posteriors, com la de Márquez (2002), on es defineixen tipologies de representació del cicle natural. El seu treball planteja que ensenyar i aprendre el cicle de l'aigua va molt més enllà del simple fet d'interpretar la representació gràfica que la ciència ha fet sobre ella. No es tracta de rebutjar aquesta representació, sinó d'ajudar que el propi alumnat la construeixi. Considera que "el cicle de l'aigua es pot presentar com un model que explica els fenòmens i els canvis que es donen en el nostre entorn en relació amb l'aigua". I caracteritza el cicle de l'aigua, així com qualsevol altre cicle (estacional, biològic, dels materials ...) pel fet: d'estar format per unes fases o estadis; que entre un estadi i el següent hi tenen lloc una sèrie de canvis i; que aquests canvis estan produïts per una sèrie de causes.

En el cas del cicle de l'aigua, Márquez (Márquez & Bach, 2007; Márquez, 2005, 2006) proposa estudiar-lo com a un sistema on hi ha:

- **Unes localitzacions:** magatzems d'aigua a la natura (atmosfera, oceans, llacs, plantes, aqüífers...) en la que es pot trobar en diferents estats físics.
- **Uns components dinàmics:** fluxos o els processos que s'estableixen quan l'aigua canvia d'estat (evaporació, condensació...) o de lloc (circulació subterrània, superficial, atmosfèrica).
- **Un funcionament:** causes dels diferents canvis i de les característiques del model cíclic de l'aigua, com ara la conservació de la quantitat global d'aigua.

I en el marc de treball d'aula, proposa partir de la identificació dels magatzems per, posteriorment, identificar què possibilita que l'aigua circuli dins un mateix magatzem o entre magatzems (quin procés i quin agent causal fan possible aquest procés).

D'altra banda, a la seva investigació també s'identifiquen les idees prèvies, els errors i les dificultats (veure Figura 11) de l'alumnat de primer d'ESO en relació al cicle natural de l'aigua (Márquez, 2002; Márquez i Bach, 2007). I a partir d'aquí, dissenya i avalua una seqüència d'intervenció que es mostra d'utilitat per promoure una millora de les idees inicials (Márquez & Roca, 2001). La seqüència inclou partir de situacions concretes i pròximes, verbalitzar els models inicials, promoure preguntes en relació a la circulació de l'aigua, activitats experimentals i estratègies de regulació dels aprenentatges.

Figura 11. Dificultats més habituals de l'alumnat en relació al cicle natural de l'aigua

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- No tancar el cicle, fet que comporta no explicitar que la quantitat total d'aigua a la Terra es conserva.- Considerar un cicle només atmosfèric (l'aigua s'evapora, condensa i plou) oblidant així la importància de la circulació continental i la intervenció dels éssers vius en el cicle.- Representar l'aigua subterrània com a bosses similars a les del petroli i sobretot desconnectades totalment del circuit de l'aigua.- Representar l'aigua subterrània de manera similar a la superficial, amb rius d'aigua blava circulant pel subsòl.- Localitzar la pluja a la muntanya i l'evaporació al mar. Aquesta representació, però, és la que apareix en la majoria dels llibres de text.- Ambigüitats en l'ús i significat de les fletxes.- Més facilitat en explicar els canvis per "escalfament" que per "refredament" ja que acostumen a explicar les causes dels canvis d'estat que impliquen absorció d'energia, però no els que es relacionen amb pèrdua d'energia. |
|--|

Font: extret de Márquez (2006b)

Les recerques en les que s'integra la intervenció de les persones en el cicle de l'aigua són més recents. El treball de Shepardson et al (2009) és un exemple en el que s'integren les perspectives científica i ambiental, ja que fa un doble anàlisi: a) sobre les concepcions de l'alumnat a l'hora de representar el cicle de l'aigua; b) sobre com l'alumnat identifica els impactes que genera l'activitat humana sobre el cicle.

En relació al primer objectiu de la recerca, els resultats van mostrar que entre els curs 4-12 del Midwest EEUU, hi predomina una visió del cicle de l'aigua centrada en la

transformació de l'aigua (procés evaporació, condensació i precipitació) més que no pas el transport i el moviment de l'aigua a través de la superfície terrestre i l'atmosfera. Les dades també indicaven poca representació de les subterrànies i que no existien gaires diferències per raó d'edats o de lloc on es viu (ciutat o camp). Els autors expliquen els resultats, tal i com van demostrar en un altre estudi, per la influència de les representacions i explicacions que es reproduïen a la gran majoria de llibres de text, ja que no tenen en compte la superació de les dificultats i les concepcions alternatives que han estat estudiades. Com a exemple: que el cicle de l'aigua només es representi en zones muntanyoses o naturals i no en els entorns o paisatges on viuen els estudiants; que no tenen en compte un progrés en la comprensió científica en funció del nivell de curs; o que sovint s'obvien les aigües subterrànies.

En relació al segon objectiu de l'estudi de Shepardson (2009), els resultats sobre els impactes de les activitats humanes en el cicle hidrològic de l'aigua tampoc no són gaire satisfactoris ja que els estudiants no van identificar impactes fet que els autors ho han atribuït a la dificultat de connectar el cicle de l'aigua amb el seu món quotidià.

En síntesis, Márquez (2002) i Shepardson et al (2007) coincideixen en la idea que aprendre el cicle de l'aigua implica construir conceptes científics que requereixen el disseny de seqüències d'experiències i experiments que ho afavoreixin. I Shepardson a més afegix l'afirmació que només a través d'una profunda comprensió del cicle hidrològic, la societat estarà preparada per a comprendre les estratègies de gestió dels recursos hídrics, per a fer una bona gestió de l'aigua i per a ser conscients dels reptes de futur que poden afectar a la disponibilitat d'aquest recursos com és el canvi climàtic. Una afirmació que també és compartida per Gunckel et al (2012) ja que el seu treball parteix del convenciment de la importància de l'alfabetització científica per a la participació activa de la ciutadania per fer front –tal global com localment– als temes que es relacionen amb la quantitat i la qualitat de l'aigua.

Les progressions d'aprenentatge sobre l'aigua en els sistemes socio-ecològics han estat el focus d'estudi del treball de Gunckel et al (2012). Els va interessar conèixer com estudiants (de primària fins a secundària) construïen explicacions sobre la presència de substàncies en l'aigua com a base per comprendre de quina manera els sistemes humans impacten sobre els sistemes hidrològics. Al seu article, remarquen el fet que la recerca s'havia focalitzat fins llavors especialment en l'estudi dels canvis de fase i en menys casos, en el concepte de conques hidrològiques, aigües subterrànies i contaminació. Un dels resultats en relació a la qüestió de la contaminació mostra que l'alumnat de primària tendeix a relacionar la pol·lució de l'aigua amb les escombraries que la gent llença a l'aigua. I no és fins més endavant, a *8th grade* (13-14 anys), que consideren que la pol·lució ve donada per substàncies que es mesclen amb l'aigua i als *11th grade* (16-17 anys) ja consideren que la contaminació pot provenir de més d'una font.

D'altra banda, cal afegir que aquests autors es mostren crítics en com es duu a la pràctica educativa el tractament d'aquesta temàtica perquè consideren que queda limitat

a la memorització de la representació del cicle de l'aigua. I afegeixen que aquesta tipologia d'experiència passa per alt molts aspectes importants com, per exemple, com i perquè l'aigua es mou a través de sistemes connectats. Per molts estudiants els diagrames del cicle de l'aigua actuen com a representacions, no com a models els quals, a més d'incloure els components del sistema també cal saber explicar el mecanisme de funcionament, la causalitat i el saber explicar i fer prediccions de les situacions que poden ocórrer en els sistemes modelitzats.

En el cas de la temàtica de l'aigua, la idea de les progressions d'aprenentatge plantejada per Gunckel et al (2012), i que de manera semblant també ho ha fet Fernández Arroyo, (2012), afegeixen una qüestió nova: la possibilitat que, independentment de l'edat o el curs de l'alumnat, el professorat pugui traçar una progressió d'aprenentatge específica per a cadascun dels seus alumnes. És a dir, es tracta de partir del coneixement inicial cada alumne i organitzar seqüències d'instrucció que els permetin progressar. En el proper apartat s'aprofundirà en aquesta qüestió.

En el marc de la recerca en educació ambiental, Calixto (2014) ha aprofundit en l'estudi de les representacions socials en l'ús de l'aigua en el context de la formació de mestres a Mèxic. L'autor alerta del predomini d'una visió de l'aigua molt antropocèntrica ja que els futurs mestres quan parlen dels motius que justifiquen el tenir "cura de l'aigua" únicament fan referència a la satisfacció de les necessitats humanes i no pensen amb els altres éssers vius ni els ecosistemes que els acullen. A més, també alerta de les dificultats dels futurs mestres en identificar quins són els problemes ambientals associats a l'aigua i ho atribueix principalment, al fet que l'aigua de l'aixeta no sigui limitant. Superar aquesta visió també es relaciona amb la pregunta *perquè depurar l'aigua si aquesta va al mar?* que Jiménez Liso i Díaz (2014) plantegen en el seu treball per reivindicar la necessitat de tractar controvèrsies relacionades amb l'aigua per comprendre-les, construir coneixements i desenvolupar la capacitat de ser crítics davant les opinions que sovint contribueixen a reproduir certes concepcions alternatives.

Figura 12. Síntesi de les dificultats des d'una perspectiva científica i ambiental

- No sempre es pensa en un sistema cíclic (Ben-Zvi-Assaraf & Orion, 2005; Ben-Zvi-Assarf & Orion, 2010; Márquez, 2002)
- Tendència a pensar en els components atmosfèrics i dificultat en pensar en els subterranis, la circulació superficial i els sistemes biòtics (Ben-Zvi-Assaraf, 2010; Márquez, 2002)
- El cicle es veu com una representació de llibre no connectada en la realitat dels seus entorns geogràfics (Dove et al, 1999; Shepardson et al, 2009)
- Dificultat en descriure i explicar els processos invisibles o no visibles del cicle de l'aigua (Ben-Zvi Assaraf, 2010) com per exemple, no reconèixer l'aigua a l'atmosfera (sinó fum o similar) (Piaget, 1933; Bar, 1989; Taiwo et al, 1999) i dificultat per explicar el procés de transformació del vapor en líquid (Piaget, 1933; Márquez, 2002; Osborne et al, 1983)
- A primària els estudiants pensen en la pol·lució de l'aigua com a escombraries que la gent llença (Gunckel et al., 2012)
- Reconèixer quins són els problemes ambientals associats a l'aigua (Calixto, 2014) i saber explicar els motius pels quals cal tenir cura de l'aigua des d'una mirada ecocèntrica (Calixto, 2014).

Font: elaboració pròpia a partir de les recerques anomenades en aquest apartat

Tot i les diverses investigacions realitzades sobre els continguts que es relacionen amb l'aigua, la pràctica educativa no sembla evolucionar al mateix ritme que les recerques perquè generalment, no incorporen aquestes troballes en les activitats d'aula. En el cas del cicle de l'aigua, malgrat ser un tema estudiat al llarg de tot l'ensenyament obligatori (6-16 anys), en general no es comprèn en profunditat i existeixen concepcions alternatives que no evolucionen al final de l'escolarització. I en el cas del cicle urbà de l'aigua, és una qüestió que si es desenvolupa a l'aula, generalment es fa d'una manera molt superficial o puntual i sovint a través de les activitats que s'ofereixen des de la comunitat (visites a instal·lacions, tallers a l'aula, etc.) que no sempre es connecten amb els processos d'ensenyament-aprenentatge que es desenvolupen a l'aula.

Algunes de les raons recollides de la literatura i que també explicarien aquesta situació al nostre país es recullen a la següent figura.

Figura 13. Síntesi de les raons que expliquen la no superació de les dificultats

- La realització d'activitats molt descriptives centrades en la memorització d'una representació del cicle de l'aigua i que no tenen en consideració les idees prèvies de l'alumnat (Gunckel et al., 2012)
- La dificultat d'observació directa d'alguns dels fenòmens com la circulació subterrània (Bach & Brusi, 1988).
- La falta d'activitats experimentals que ajudin a construir el coneixement sobre el cicle de l'aigua (Márquez, 2002; Nebot & Márquez, 2014)
- La falta de connexió entre els sistemes naturals i humans i especialment l'entorn on viuen els estudiants (Daniel P; Shepardson et al., 2009).
- Les limitacions de les representacions sobre el cicle de l'aigua publicades en els llibres de text perquè són estereotipades, simplificades i no tenen en consideració un progrés de la comprensió científica en funció del curs (Shepharson et al., 2009; Gunckel et al., 2012)
- El poc temps real dedicat a la construcció de conceptes tan complexos cal afegir la inseguretats de la tasca docent en l'ensenyament de les ciències.
- Desenvolupar de manera molt superficial o puntual la qüestió del cicle urbà de l'aigua.

Font: elaboració pròpia a partir de les recerques anomenades en aquest apartat

Entendre el funcionament del cicle urbà de l'aigua és molt important perquè ajuda a conèixer el medi en el qual es viu i és una manera d'aproximar-se a l'ecologia d'una ciutat. Terradas (2001) ha aprofundit en aquesta perspectiva en diversos treballs que ajuden a comprendre els fluxos de *matèria* i *energia* que fan possible que el sistema funcioni. Per exemple, a diferència del cicle natural de l'aigua, l'urbà necessita importar energia d'altres sistemes per a fer circular i tractar l'aigua que satisfà les necessitats derivades de les activitats humanes.

Comprendre el cicle urbà de l'aigua, també pot ser una manera de reconèixer que les ciutats precisen d'altres sistemes per proveir-se d'aigua, d'aliments i d'energia i que ho fan a través d'un subministrament continu format per grans embassaments, canalitzacions, conduccions elèctriques, infraestructures i mitjans de transport. I també reconèixer que una vegada aquests recursos són consumits, es retornen al medi en

menor qualitat: l'energia es dissipa en forma de calor i emet gasos a l'atmosfera; a l'aigua s'introdueixen substàncies dissoltes o partícules en les aigües residuals; i en el cas dels altres materials, s'aboquen en forma de residus sòlids. Així doncs les *entrades* i les *sortides* de l'ecosistema urbà genera impactes sobre la resta de territori i medi marí importants (Terradas, 2001).

2.4.2.3 Una mirada des del marc de les progressions d'aprenentatge

Les Progressions d'Aprenentatge (PA) -*Learning Progressions*- responen a la necessitat d'organitzar la matèria a ensenyar de manera que afavoreixi que l'alumnat progressi en els seus aprenentatges sense que es produeixin obstacles o buits que aquests no puguin superar. Segons Duschl et al. (2011) són camins hipotètics d'aprenentatge al llarg del temps que s'haurien de validar empíricament, són camins plausibles sobre com la comprensió dels estudiants es pot desenvolupar de manera sostinguda i a través d'apropiades pràctiques educatives. Les progressions condueixen a l'alumnat a adquirir les idees-clau de les ciències tenint en compte que algunes d'elles poden plantejar dificultats importants (Prieto, Blanco, & Brero, 2002). És a dir, esdevé una eina orientadora que permet organitzar contextos d'aprenentatge sense perdre la referència dels conceptes científics que permeten progressar en l'aprenentatge.

De fet aquesta idea implícitament ha estat la base dels diferents dissenys curricular tot i que fins ara, aquests es fonamentaven més en la "intuïció" o la tradició en el disseny curricular que no pas en la recerca. D'altra banda, Jorba i Sanmartí (1996) també incloïen la idea de progressió en la seva proposta d'etapes del procés d'aprenentatge tot i que, plantejaven la progressió en l'aprenentatge d'una idea en el marc d'una unitat didàctica i no tant al llarg dels cursos.

En els darrers anys s'han realitzat nombroses investigacions i han emergit propostes interessats com la publicació americana de l'*Atlas of Scientific Literacy* o els *Concepts Development Maps*. Les progressions d'aprenentatge desenvolupades a través dels mapes de desenvolupament de conceptes (State Government Victoria, 2014)²⁹ són un recurs d'interès ja que ajuden a centrar la mirada sobre els conceptes més importants que cal ensenyar i aprendre, orienta al professorat a identificar per quin concepte començar un procés d'ensenyament-aprenentatge i per quins altres continuar per afavorir una millora en l'aprenentatge de les ciències dels estudiants. Aquests mapes publicats pel Department of Education and Training del Govern de l'Estat de Victòria (Austràlia) han estat adaptats de la publicació "*The Atlas of Scientific Literacy*"³⁰ de l'American Association for The Advancement of Science (AAAS).

²⁹<http://www.education.vic.gov.au/school/teachers/teachingresources/discipline/science/continuum/Pages/conceptmaps.aspx>

³⁰<http://www.project2061.org/publications/atlas>

A la figura següent es sintetitzen algunes de les característiques que fan dels mapes de conceptes una eina d'interès.

Figura 14. Característiques dels mapes de progressió

- Són possibles "camins" que els estudiants poden seguir per desenvolupar el coneixement científic al llarg de l'educació obligatòria.
- Estan formats per conceptes organitzats de menys a més complexes de manera que s'indica un possible "camí" a desenvolupar partint de les comprensions més simples. Indiquen "d'on partir", "cap a on arribar" i "quins són els possibles camins per arribar-hi".
- Mostren les relacions entre els diferents conceptes.
- Són una possible "història" de com el coneixement es desenvolupa en la ciència i per aquest motiu, cada professional pot afegir conceptes o desenvolupar altres "històries" que es esdevinguin una "bastida" per tal que els estudiants compreguin les "idees-clau" de la ciència.
- Ajuden a escollir els punts de partida més adequats per afavorir la progressió.
- Mostren que és important recórrer el camí sencer cada vegada (currículum en espiral) encara que les primeres etapes es realitzin de manera més ràpida. Doncs per a ensenyar determinats conceptes sovint cal assegurar que prèviament s'hagin consolidat altres idees.
- Són una eina complementària als currículums i poden orientar la concreció d'objectius i d'activitats.

Font: adaptat de Atlas of Scientific Literacy i els Concepts Development Maps

En el treball d'Hernández et al (2014) en el que caracteritza les PA a partir d'una seqüència d'ensenyament-aprenentatge sobre les propietats acústiques dels materials, també demostra la importància dels estadis intermedis de desenvolupament conceptual - *stepping stones*- per afavorir l'aprenentatge de l'alumnat. La proposta d'estadis de desenvolupament per a cada model conceptual han estat definits a partir de l'anàlisi de les respostes de l'alumnat i associant cada resposta a una categoria específica. Aquesta aportació ha estat d'utilitat per elaborar la proposta d'estadis de desenvolupament del model de condensació de l'aigua en termes de procés i causes d'aquesta recerca.

Per finalitzar, Hernández, Couso i Pintó (2014), afegeixen que les progressions constitueixen una eina interessant que pot ajudar al professorat a avaluar el progrés dels seus estudiants en contextos reals i adaptar la seva instrucció en funció de l'evolució i necessitats dels seus alumnes.

2.4.2.4 Progressions d'aprenentatge relacionades amb l'aigua

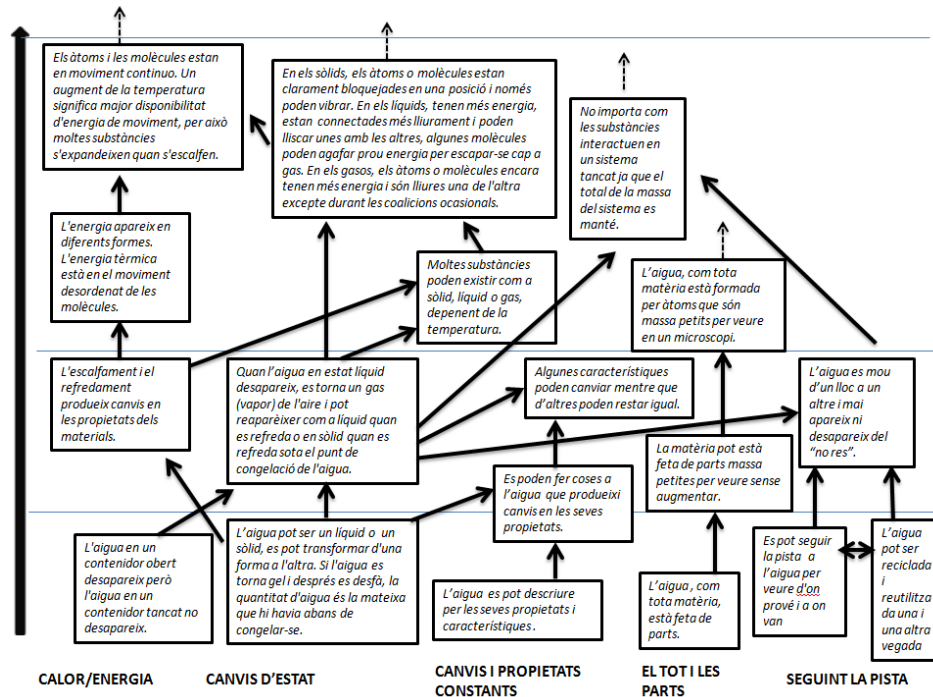
L'aigua com a temàtica relacionada amb el model de la matèria es troba inclosa en els Mapes de l'Estructura de la Matèria (*Science Continuum P-10*³¹). En aquests mapes s'hi inclouen conceptes agrupats en 4 àmbits: els àtoms i molècules, la conservació de la matèria, els estats de la matèria i les reaccions químiques. A la següent figura s'inclou

³¹ Consultable a

<http://www.education.vic.gov.au/school/teachers/teachingresources/discipline/science/continuum/Pages/default.aspx>

un resum dels conceptes relacionats amb l'aigua que es troben publicats en les progressions dels mapes *States of Matter* i *Conservation of matter*.

Figura 15. Selecció de conceptes relacionats amb l'aigua el Science Continuum P-10



Font: *Science Continuum P-10* (State Government of Victoria, 2015)

El mapa dels conceptes relacionats amb l'aigua, suggereixen algunes qüestions que són d'interès per a l'ensenyament de les idees científiques que ajuden a comprendre el cicle de l'aigua:

a) Els punts de partida constitueixen situacions conegudes o bé poden emergir de l'observació d'experiències senzilles.

Els conceptes d'evaporació i els canvis d'estat (líquid-sòlid i sòlid-líquid) constitueixen un punt d'inici d'interès ja que són aspectes socialment coneguts a partir dels quals construir el coneixement. Proposen partir d'experiències o vivències com "*l'aigua en un contenidor obert desapareix però l'aigua en un contenidor tancat no desapareix*" ja que ajudarien a explicar el concepte d'evaporació. També posant l'atenció que el canvi de líquid a sòlid és reversible mantenint la quantitat d'aigua total i reconeixent així que l'aigua, com la majoria de coses, està feta de "parts".

b) Alguns conceptes són més complexos que d'altres i per tant és important, identificar possibles camins de progressió que permetin comprendre'ls millor.

En relació als canvis d'estat, en el *mapa dels estats de la matèria*³² la primera progressió que es planteja és la transformació, en el cas de l'aigua, gas-líquid/sòlid. És a dir, la progressió ja recull la dificultat de comprensió del fenomen de la condensació (canvi d'estat gas a líquid) i parteix doncs de la necessitat de tenir consolidats els altres canvis d'estat (líquid-gas i líquid-sòlid):

"Quan l'aigua líquida desapareix, es torna un gas (vapor) de l'aire i pot reaparèixer com a líquid quan es refreda o en sòlid quan es refreda sota el punt de congelació de l'aigua".

L'aigua, en ser una substància amb la que es pot experimentar amb els tres estats, permet fer una nova progressió que ajudi a generalitzar aquest coneixement cap a la resta de substàncies:

"Moltes substàncies poden existir com a sòlid, líquid o gas, depenent de la temperatura". Comprendre els canvis d'estat també implicarà tenir clar el concepte de que *"moltes coses estan fetes de parts"*. En el cas de l'aigua, la part més petita és la molècula H₂O. Aquest punt d'inici permetrà progressar cap a la comprensió dels motius que expliquen com es produeixen els canvis d'estat a nivell "micro". Una mirada que ha d'incloure el paper de l'energia i que partint dels canvis en les propietats dels materials produïts per l'escalfament o la transferència de calor, es pot progressar cap a la idea que aquests canvis són deguts al moviment dels àtoms o molècules que s'incrementa amb la temperatura:

"En els sòlids, els àtoms o molècules estan clarament bloquejades en una posició i només poden vibrar. En els líquids, tenen més energia, estan més connectades més lliurement i poden lliscar unes amb les altres, algunes molècules poden agafar prou energia per escapar-se cap a gas. En els gasos, els àtoms o molècules encara tenen més energia i són lliures una de l'altre excepte durant les coalicions ocasionals".

Un altre aspecte important en el cas de l'aigua, com en d'altres substàncies, és que la quantitat total es conserva encara que es mogui d'un lloc a l'altre. A partir de la idea de *"seguir la pista a la matèria"*, es presenta la proposta de progressió següent: *"Les persones poden seguir la pista a les coses, veure d'on provenen i a on van"* fet que permet evidenciar que *"molts materials poden ser reciclats i tornats a utilitzar altres vegades, sovint en formes diferents"*. Aquesta idea pot ser un bon punt de partida per començar a pensar amb el cicle urbà o natural de l'aigua (com arriba l'aigua a l'aixeta? a on va?; o com ha arribat l'aigua del bassal? a on anirà després?) i que a més, pot conduir a introduir la següent progressió: *"les substàncies poden moure's d'un lloc a un altre i que mai apareixen o desapareixen del no res"*.

Aquesta darrera progressió, que és on es podria incloure la idea del cicle de l'aigua, afavoreix que els estudiants construeixin el model del cicle de l'aigua perquè aquesta

³² Mapa dels estats de la matèria:

<http://www.education.vic.gov.au/Documents/school/teachers/teachingresources/discipline/science/continuum/statesmatter2.pdf>

³² Mapa de la conservació de la matèria:

<http://www.education.vic.gov.au/Documents/school/teachers/teachingresources/discipline/science/continuum/conservation2.pdf>

idea és un “punt d’arribada”, no un “punt de partida” del procés d’ensenyament-aprenentatge.

c) Les progressions es poden ampliar o modificar amb noves aportacions.

La proposta de progressió del mapa anterior es podria complementar amb les aportacions d’investigacions de l’àmbit específic del cicle natural i urbà de l’aigua, tot integrant la perspectiva ambiental. Per exemple, identificar els magatzems i els processos que produeixen un canvi de magatzem (tant del cicle natural com l’urbà) i com els usos de l’aigua poden alterar les propietats de l’aigua i la despesa energètica que comporta la reversibilitat d’aquestes canvis.

2.4.2.5 Les progressions en el camp de l’educació ambiental

Les progressions d’aprenentatge també comencen a ser plantejades pel camp de l’EA. Gutiérrez et al. (2015) descriuen una proposta de progressió que a més dels coneixements també integra els valors i l’acció. Aquesta eina la consideren de gran utilitat per orientar la planificació de propostes d’EA que tinguin en compte la disrupció entre la progressió del coneixement i el desenvolupament de les actituds que es manifesta sobretot en l’alumnat adolescent (Pol & Castrechini, 2013).

En l’esmentat estudi de Pol i Castrechini (2013) evidencien que els nens i nenes de 9 a 13 anys coneixen perfectament quines són les conductes bàsiques adequades i expressen uns valors i creences més que desitjables des d’un punt de vista ambiental però a l’adolescència es produeix un descens dels valors identificats que tendeix a recuperar-se durant la joventut però sense aconseguir les elevades puntuacions anteriors. Aquesta dada, els autors l’expliquen pel fet que la dimensió racional i cognitiva sempre està influenciada per la dimensió emocional i la social.

Aquest estudi aporta dades interessants per a la present investigació com són la importància de realitzar iniciatives d’educació ambiental durant les darreres etapes de primària perquè mostren interès cap a les normes socials; la importància de seleccionar curosament a l’etapa de l’adolescència contextos ambientals més “transgressors” de la norma social per tal de que siguin acceptats i es pugui “recuperar” l’interès dels adolescents per les qüestions ambientals; la importància de tenir en compte les dimensions emocionals i socials, que juntament amb el coneixement, afavoreixin actituds proambientals responsables i conscients.

En el treball de Gutiérrez et al. (2015) es recullen les aportacions de Pol et al (2013) i s’integren en el marc de les progressions d’aprenentatge mitjançant una proposta de planificació curricular que a més dels coneixements, s’inclou l’acció i els valors (àmbits que recullen els aspectes socials i emocionals que influencien en les conductes). Les progressions estan agrupades en els àmbits del saber, saber fer i saber ser i valorar i per cadascun d’ells planteja tres seqüències esglaonades de progressió (Taula 8).

Taula 8. Nivells de progressió de competències en el camp de la sostenibilitat

	<p>NIVELL I.1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Col·laboració directa amb organitzacions proambientals de l'entorn en projectes per la millora del medi (zones humides, parcs, espais naturals, zones costeres, espais rurals...) - Implicació activa en la resolució de problemes reals i en el desenvolupament de projectes en l'entorn escolar o entorn local.
NIVELL I SABER FER ACCIÓ I EMOCIÓ	<p>NIVELL I.2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Participació grupal en projectes més globals compartits amb altres persones i xarxes que utilitzen mitjans tecnològics per denunciar, fer seguiment, sensibilitzar, recollir dades... - Saber expressar les raons i motivacions del desenvolupament de projectes locals de sostenibilitat
	<p>NIVELL I.3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Col·laborar en la planificació d'accions estratègiques de sostenibilitat i canvi socio-ambiental, en el seu desenvolupament i avaluació orientats cap a models sostenibles.
	<p>NIVELL II.1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reflexió crítica sobre els hàbits del propi estil de vida i de les pròpies decisions en relació a d'altres cultures i territoris. - Valoració i autoanàlisi de les idees prèvies i errors conceptuals sobre qüestions ambientals.
NIVELL II SABER CONEIXE- MENT I PENSA- MENT SISTÈMIC	<p>NIVELL II.2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anàlisi crítica de la informació procedent dels mitjans de comunicació sobre les problemàtiques ambientals. - Comprensió i raonament del perquè cal adoptar un comportament sostenible i les implicacions locals i globals de la insostenibilitat. - Conèixer i contextualitzar conceptes socio-ambientals lligats a controvèrsies tecnocientífiques, conflictes socio-ambientals i continguts controvertits.
	<p>NIVELL II.3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconèixer la relació entre la universalització dels drets humans i la sostenibilitat
	<p>NIVELL III.1</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desenvolupament d'hàbits sostenibles en petites accions quotidianes que contribueixin al desenvolupament d'actituds i valors socioambientals en l'àmbit personal i col·lectiu. - Reconèixer la responsabilitat de les conseqüències de les pròpies decisions i accions sobre el medi ambient. - Raonar i justificar possibles solucions davant de dilemes ètics, casos simulats, jocs de rol, notícies o films relacionats amb la sostenibilitat.
NIVELL III SABER SER I VALORAR. VALORS, ACTI- TUDS I ÈTICA	<p>NIVELL III.2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apreciar la diversitat i considerar-se a si mateix com part dels ecosistemes, a la vegada que agent de canvi, transformació i desenvolupament ambiental i humà. - Valorar l'activitat de les organitzacions internacionals davant de situacions de pandèmia, conflictes per recursos, etc.
	<p>NIVELL III.3</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconèixer models d'ètica socioambiental que impulsen diferents maneres de prendre decisions basades en els avenços científics i tecnològics contemporanis. - Argumentació del valor de conceptes com la justícia, cooperació i integració socioambiental propis d'una ètica biocèntrica de la sostenibilitat.

Font: recull sintetitzat dels diferents nivells definits per Gutiérrez et al. (2015)

El primer nivell, anomenat "*saber fer, acció i emoció*", remarca l'interès de col·laborar amb altres organitzacions, amb projectes de transformació i millora de l'entorn, de participar activament amb altres xarxes internacionals, desenvolupar projectes orientats a la sostenibilitat. El segon nivell, anomenat "*saber, coneixement i pensament sistèmic*" inclou la reflexió crítica, la importància de les idees prèvies, els errors conceptuals com a punt de partida per a l'aprenentatge, la comprensió de les raons que fonamenten uns

comportaments més sostenibles, analitzar controvèrsies, conèixer causes i efectes dels problemes ambientals, entre d'altres qüestions. El tercer nivell, "saber ser i valorar, valors, actituds i ètica", posa l'accent des de la posada en pràctica d'hàbits sostenibles a través de les accions quotidianes fins a la capacitat d'argumentar el valor de conceptes com la justícia, la cooperació o d'una ètica biocèntrica de la sostenibilitat. Aquests autors remarquen que tot i que s'ha avançat de manera important en el camp de la progressió dels coneixements en l'àmbit educatiu la necessitat de millorar com abordar la qüestió de les actituds i els valors en les iniciatives que es porten a terme.

2.4.3 SÍNTESI

La promoció d'una nova cultura de l'aigua des de l'escola implica la planificació d'activitats diverses que comportin vivències noves per a l'alumnat, el plantejament de preguntes, la recerca de proves que confirmen les seves idees, que fomentin un pensament crític envers les temàtiques socioambientals, que estimulin la reflexió sobre les pròpies actituds i l'argumentació sobre aquelles que permeten avançar cap a una societat més sostenible. El currículum per competències actual és un context que afavoreix el desenvolupament de propostes d'educació ambiental i a més, el tema de l'aigua ja és inclòs en el currículum de l'educació primària.

Les nombroses aportacions de la recerca educativa en el tema de l'aigua són importants ja que possibiliten identificar quines són les dificultats de l'alumnat i les concepcions alternatives per tal de planificar activitats que ajudin a millorar els seus coneixements. Les recerques que s'han comentat aporten mirades complementàries sobre cada idea-clau que han tractat i com han evolucionat (o no) al llarg del anys. Això permet identificar que hi ha conceptes, com la condensació, que presenten més dificultats que d'altres i que si no s'aprenen des de l'escola, possiblement serà més difícil que s'aprenuin.

Actualment la perspectiva de les progressions d'aprenentatge obre un nou marc de treball d'interès en el camp de la didàctica de les ciències que pot esdevenir una eina de suport al professorat molt important per planificar les activitats i avaluar el progrés dels seus alumnes. Aquesta perspectiva també és d'interès pel camp de l'EA si a més de la dimensió del coneixement, s'hi afegeix l'acció, els valors i les actituds.

Finalment, la qüestió de l'aigua sempre serà una qüestió socialment rellevant atès que és imprescindible per a la vida. I si es vol formar persones que prenguin decisions i actuïn en coneixement de causa a favor de la sostenibilitat serà important que, sempre que es pugui, s'abordi des del coneixement i des de la pràctica. A més a més, sense perdre de vista que el context de l'aigua ha de ser d'utilitat per analitzar aquest i d'altres contextos ambientals.

3.

Metodologia



3 MARC METODOLÒGIC

En aquest capítol es presenta la metodologia emprada en aquest treball de recerca. En primer lloc s'exposa el disseny metodològic, les característiques de la mostra d'estudi, les tècniques i els instruments utilitzats per a l'obtenció de les dades i la seva justificació. A continuació es detalla el procés de recollida de dades desenvolupat en cada cas d'estudi, el procés d'anàlisi i es presenta tot el sistema de categories i codis utilitzat i les estratègies de validació d'aquest anàlisi. El capítol finalitza amb la relació de consideracions ètiques que s'han tingut en compte en les diferents fases d'elaboració d'aquest treball.

3.1 INTRODUCCIÓ

Aquesta recerca s'emmarca en el paradigma de la **recerca interpretativa** ja que té per objectiu comprendre a fons una situació particular -en aquest cas els projectes sobre l'aigua- de la qual es pugui extreure algun coneixement que pugui ser d'utilitat per a d'altres contextos semblants, és a dir, altres projectes que es desenvolupin en el futur.

La metodologia utilitzada en aquesta recerca es basa en els **plantejaments qualitatius** ja que permeten una comprensió més profunda de l'objecte d'estudi. Doncs l'objectiu d'aquest treball posa més èmfasi en conèixer millor com es fan les coses, com es produeixen els esdeveniments, com influeixen diferents situacions que no només, en els resultats quantitatius sobre els aprenentatges de l'alumnat. Tanmateix, els **mètodes quantitatius** també han estat imprescindibles per tal de dur a terme l'anàlisi dels resultats (l'anàlisi descriptiva) i donar més validesa a l'anàlisi interpretativa de les dades.

El disseny de la recerca s'emmarca en l'**estudi de casos** ja que ha permès aprofundir en la comprensió de l'efecte de les experiències sobre l'aigua que integren una mirada científica i ambiental en l'aprenentatge. A més, els casos escollits són d'interès ja que són centres que desenvolupen iniciatives d'EA a través del programa BcnE+S i propostes de ciències innovadores.

El **disseny metodològic** s'ha dut a terme partint de les propostes de diverses obres (Guba & Lincoln, 1994; Miles & Huberman, 1994; Ruiz Olabuénaga, 1999; Strauss & Corbin, 1990; Thomas, 2009) especialment pel què fa a la selecció i ús de les diferents tècniques per a l'obtenció de dades i pel procés de codificació per a la reducció de les dades. Aquest procés s'ha dut a terme de manera **inductiva i sistemàtica** a partir de la informació obtinguda en cada cas d'estudi i a partir de la creació de codis oberts. En aquest procés, com suggereixen els autors, s'ha codificat tan "d'allò que hi ha" com "allò que no hi és" però que la literatura pot considerar important d'identificar.

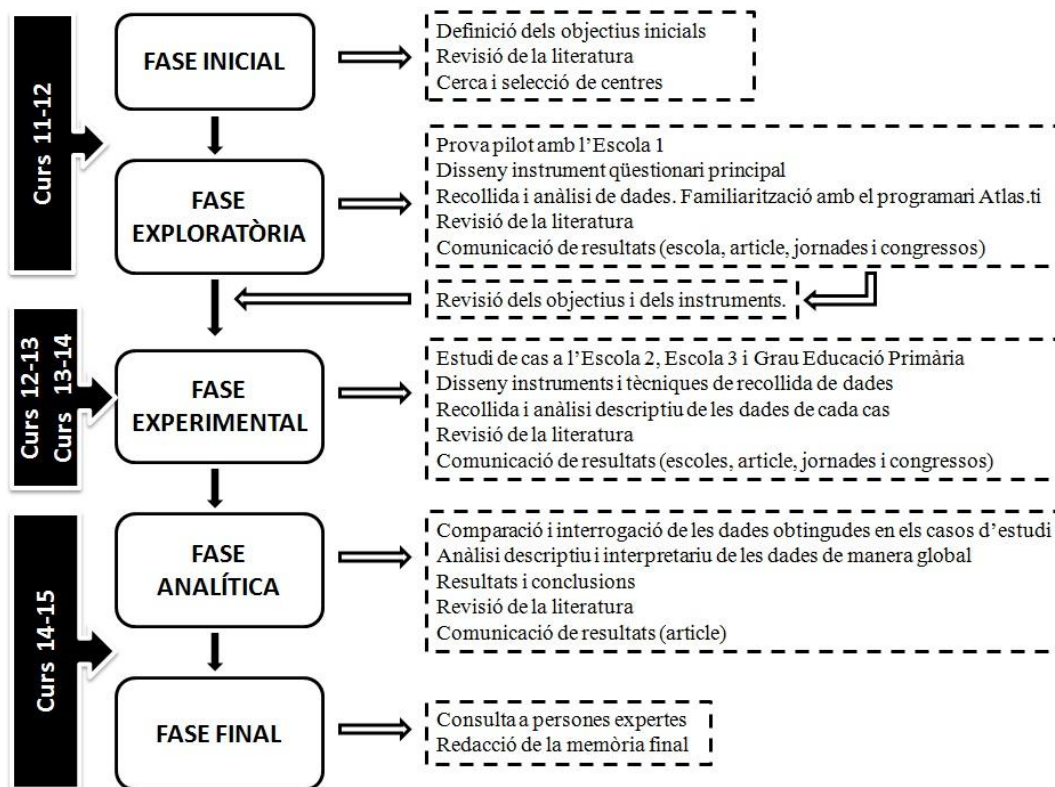
S'ha utilitzat el **programari Atlas.ti** per fer l'anàlisi i facilitar la comprovació de l'aplicació correcta del sistema de codis i també, per facilitar el procés d'interrogació de les dades i identificar així les relacions d'interès. Aquesta eina ha estat de gran utilitat

per garantir el rigor que requereix l'anàlisi qualitatiu. Com remarca Bisquerra (1989) el fet que les dades siguin filtrades a criteri de l'investigador requereix el què anomena una "subjectivitat disciplinada" que implica desenvolupar l'autoconsciència, l'examen rigorós i la reflexió contínua. En aquest sentit, els programes d'anàlisi qualitatiu actuals són una eina imprescindible per garantir aquest rigor i fer més transparent tot el procés d'anàlisi qualitativa de les dades. A continuació s'aprofundeix en la metodologia emprada en aquesta recerca.

3.2 DISSENY METODOLÒGIC

Aquesta recerca s'ha desenvolupat al llarg de quatre anys seguint l'organització metodològica que il·lustra la següent figura.

Figura 16. Fases i metodologia de la recerca



Font: elaboració pròpia

En una primera **fase inicial** de la recerca, s'han definit els objectius inicials i s'ha dut a terme la revisió bibliogràfica mitjançant la cerca a diverses bases de dades i s'han seleccionat els casos d'estudi. A la **fase exploratòria**, s'han dissenyat els instruments i s'ha dut a terme una prova pilot en el primer centre educatiu. A partir de les dades obtingudes s'ha establert un sistema de categories i codis mitjançant l'ús del programari d'anàlisi qualitativa de dades Atlas.ti. Els resultats preliminars s'han comunicat en diferents àmbits acadèmics fet que ha permès ajustar els objectius i els instruments

utilitzats posteriorment. A la **fase experimental** s'ha ampliat l'àmbit d'estudi a dues escoles d'Educació Primària públiques de Barcelona i al Grau d'Educació Primària de la UAB.

El procés de recollida de dades s'ha dut a terme en diferents moments temporals. El qüestionari ha estat l'instrument principal però també s'han obtingut dades mitjançant altres tècniques com les entrevistes, el focus-grup i l'anàlisi de documents. Les dades han estat analitzades i els resultats han estat comunicats als centres així com també dins de l'àmbit acadèmic. La **fase analítica** s'ha basat en l'estratègia d'interrogació de les dades obtingudes en cada cas d'estudi i entre els diferents casos i s'ha dut a terme una anàlisi descriptiva i interpretativa dels resultats. La darrera **fase final**, i durant el procés de redacció de la memòria, s'ha consultat a diferents persones expertes³³ i els seus comentaris i suggeriments s'han tingut en consideració. Tot aquest procés ha estat supervisat des dels seus inicis per la directora d'aquest treball.

3.3 PRESENTACIÓ DE LA MOSTRA

Aquesta investigació s'ha dut a terme a tres centres d'Educació Primària de Barcelona i a la Facultat d'Educació de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Els criteris de selecció de les escoles que han format part d'aquest estudi han estat els següents:

- centres de titularitat pública
- situats a la ciutat de Barcelona
- nivell socioeconòmic de les famílies mitjà-baix
- participants al Programa Barcelona Escoles + Sostenibles (abans Agenda 21 Escolar de Barcelona)
- que desenvolupin o hagin desenvolupat projectes o unitats didàctiques sobre l'aigua des d'una perspectiva científica i ambiental
- que aprofitin els recursos que ofereix el territori i la comunitat (activitats externes al centre com visites, tallers; participació de les famílies) per desenvolupar els continguts relacionats amb l'aigua
- que tinguin "aula de ciències" o que l'equip docent hagi rebut formació en ciències
- que mostrin interès en participar en aquest estudi

Per dur a terme el procés de selecció dels centres s'han dut a terme les accions que es detallen a la figura següent.

³³ La Dra. Conxita Márquez, la Dra. Montserrat Roca, Dra. Digna Couso, la Dra. Anna Marbà, la Dra. Roser Valls, la Dra. Teresa Franquesa, la Sra. Hilda Weissmann, la Sra. Montserrat Padern i el Sr. Antonio Palacios.

Figura 17. Accions realitzades per la cerca i selecció de centres

- Contactar i entrevistar a l'equip tècnic-pedagògic de BcnE+S per conèixer la relació de centres que desenvolupen projectes relacionats amb l'aigua.
- Consultar les memòries i els projectes presentats per conèixer els continguts dels projectes.
- Contactar i entrevistar als responsables de primària del CDECT per conèixer la relació de centres de Barcelona que han rebut la formació per la dotació de l'Aula de Ciències i conèixer iniciatives d'interès relacionades amb el tema de l'aigua.
- Contactar i entrevistar a la responsable de medi ambient del Districte d'Horta Guinardó per conèixer les activitats emmarcades en la iniciativa *La Ciutat de l'Aigua* que implica diverses escoles del districte.
- Enviament d'un correu electrònic a les escoles seleccionades per establir un primer contacte, explicar la proposta de col·laboració, els seus objectius i el grau d'implicació requerida per part del centre.
- Formalitzar la col·laboració dels tres centres seleccionats mitjançant una carta formal dirigida a la direcció del centre (incloses a l'annex) signada per la directora de la tesi.

En el cas de l'estudi en l'àmbit dels mestres en formació, s'ha seleccionat un dels grups de 3er del Grau d'Educació Primària de la UAB matriculats a l'assignatura de Didàctica de les Ciències impartida per la professora Dra. Conxita Márquez. El criteri de selecció aplicat ha estat un criteri de conveniència per l'expertesa i l'interès de la professora en aquesta matèria.

A la següent taula es resumeix el nombre de participants de la mostra d'estudi.

Taula 9. Relació de participants per cada cas d'estudi

Casos d'estudi	Nº d'alumnes per curs			Total
	4t	5è	6è	
Escola 1	21	20	19	60
Escola 2	45	48	43	136
Escola 3	21	25	21	67
Total per curs	87	93	83	
Total alumnat d'Educació Primària participant				263
Total estudiants del Grau d'Educació Primària participants				67

Font: elaboració pròpia

3.4 TÈCNiques I INSTRUMENTS UTILITZATS

3.4.1 Qüestionari principal

3.4.1.1 Antecedents i justificació

L'any 1989 l'Institut Municipal d'Educació (IME) de l'Ajuntament de Barcelona va dur a terme una investigació per avaluar l'ús dels materials curriculars de suport com a mediadors entre el disseny curricular de base i la pràctica docent (Gómez-Granell & Moreno, 1989). Un dels materials avaluats va ser la unitat didàctica Barcelona i l'Aigua, creada per Sanmartí i Pujol (1990) i que formava part del projecte educatiu Barcelona a l'Escola. Per a dur a terme aquesta avaluació es va realitzar un diagnòstic inicial i final utilitzant la tècnica del dibuix per conèixer les concepcions de l'alumnat sobre el cicle de l'aigua (Figura 18). Les representacions i els escrits de l'alumnat es van analitzar mitjançant unes categories prèviament establertes i van permetre conèixer les idees alternatives de l'alumnat en relació al cicle natural i urbà de l'aigua i la visió ambiental predominant davant de la resolució d'un problema ambiental. Atès que aquesta tècnica es va mostrar efectiva en l'estudi esmentat també s'ha utilitzat en aquesta investigació amb una prèvia actualització.

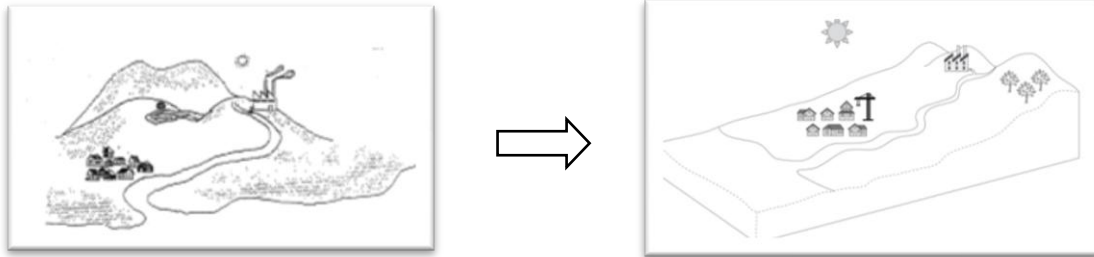
L'actualització s'ha realitzat tenint en compte els resultats d'altres recerques anteriors Márquez (2002) en les que s'identifiquen dificultats de l'alumnat en la representació del cicle natural de l'aigua. Per exemple, indicar l'evaporació de l'aigua només al mar, no representar les aigües subterrànies o no tenir en compte l'evapotranspiració de les plantes. Aquestes dificultats s'han tingut en compte a l'hora de presentar un "esquema" de dibuix que actués com a *scaffolding* o bastida per ajudar a l'alumnat a representar els cicles de l'aigua de la millor manera possible, és a dir, per facilitar que pensi i representi realment allò que sap.

Concretament, les actualitzacions han consistit en (Figura 18):

- **Millorar la imatge.** S'ha refet el dibuix utilitzant eines informàtiques actuals, s'ha realitzat un perfil per tal que l'alumnat pugui representar les aigües subterrànies i s'ha eliminat el llac/embassament.
- **Afegir algun detall més.** S'ha afegit un petit bosc per ajudar a l'alumnat a pensar en l'evapotranspiració i en el fet que els éssers vius necessiten aigua per viure. El Sol ha canviat d'ubicació però no s'ha situat sobre del mar per ajudar a l'alumnat a pensar en que l'evaporació de l'aigua també té lloc als rius, llacs, etc. i no només al mar. S'ha separat la fàbrica lleugerament del riu per tal que l'alumnat tingui espai per dibuixar o representar un sistema de tractament de l'abocament abans del riu.

- **Actualitzar lleugerament l'enunciat.** Es fa referència a "una nova urbanització" i s'inclou, en la darrera versió, la qüestió del consum energètic en el cicle urbà de l'aigua.

Figura 18. Comparació de les dues il·lustracions (versió 1989 i versió 2011)



L'ús de la tècnica del dibuix en l'àmbit de la didàctica de les ciències ha estat recomanada per diversos investigadors (Dove et al., 1999; Daniel P; Shepardson et al., 2009) perquè consideren que es mostra interessant i útil per detectar les idees prèvies. Segons Dove i els seus col·laboradors (1999), aquesta tècnica reuneix una sèrie d'avantatges que la fan interessant però també alguns inconvenients que cal tenir en compte (Taula 10).

Taula 10. Avantatges i inconvenients de la tècnica del dibuix

Avantatges	Inconvenients
<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'alumnat de primària mostra interès per a les activitats de dibuix en les classes de ciències. ▪ És una forma alternativa d'expressió per a aquell alumnat amb dificultats d'expressió oral o escrita. ▪ Permet comunicar millor algunes idees que potser oralment o per escrit no es descriurien (com ara la forma d'un núvol o la direcció que segueix un riu). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'alumnat pot presentar dificultats a l'hora de representar algunes idees de caràcter més abstracte (com els conceptes científics). ▪ Les pròpies habilitats o interès pel dibuix.

Font: adaptat de Dove et al. (1999)

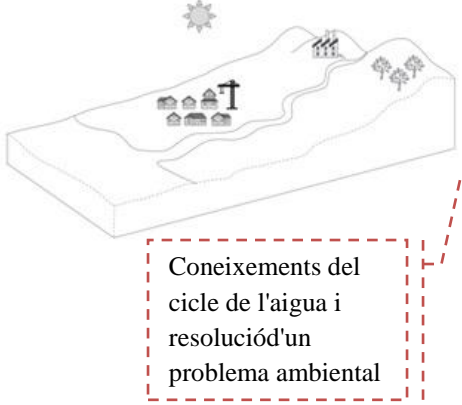
Per superar els inconvenients descrits, aquests autors fan algunes propostes que també s'han tingut en compte en aquest treball. Com per exemple:

- **Oferir la possibilitat d'escriure sobre els seus dibuixos per aclarir o afegir idees:** per aquest motiu l'enunciat de la pregunta convida a fer-ho ("*[...] i s'hi et cal, afegeix paraules o frases.*").
- **Realitzar una entrevista a una mostra reduïda del grup-classe de 10'** per tal de millorar les interpretacions i aclarir algunes de les idees que ha representat l'alumnat. Per aquest motiu es van realitzar entrevistes a tres alumnes d'un mateix grup-classe.

3.4.1.2 Criteris considerats pel disseny del qüestionari principal

El qüestionari principal (Figura 19) s'ha utilitzat a les tres escoles i s'ha anat adaptant lleugerament en funció del moment de recollida de dades (si es tractava de recollir dades inicials o dades un any després de finalitzar el projecte/unitat) i en funció de la mostra a qui va dirigida (alumnat de primària o alumnat de GEP).

Figura 19. Qüestionari principal utilitzat a l'Escola 2

CURS:	DATA:
<p>A. Al llarg dels cursos, a la vostra escola heu fet moltes activitats sobre l'aigua. Digueu 3 coses que recordeu.</p> <p>1. _____</p> <p>2. _____</p> <p>3. _____</p>	<p>C. Aquesta és la nova urbanització que es vol construir al costat del riu. Més amunt hi ha una fàbrica de detergents que aboca part dels residus que genera en aquest riu. Dibuixa tot el que s'hauria de fer per tal que els futurs habitants tinguessin aigua corrent i potable a les cases i el camí que seguiria l'aigua un cop fos utilitzada. Dibuixa també el cicle natural de l'aigua i, si et cal, afegeix-hi paraules o frases.</p>
<p>B. L'any 2022 ha estat un any sec gairebé a tot Catalunya. Imagina't que a les notícies ens alerten que si no estalviem aigua, la propera setmana podrien començar les restriccions. Si et visités un amic d'un altre país: què li explicaries per tal que entengués bé els motius pels quals cal adoptar mesures d'estalvi?</p>	
<p>C. Per fer un bon ús de l'aigua podem dur-nos en lloc de banyar-nos i tancar l'aixeta quan ens ensabonem les mans o les dents. Quins altres exemples coneixes per consumir menys aigua i per no contaminar-la tant?</p>	<p>Coneixements del cicle de l'aigua i resolució d'un problema ambiental</p>

Les preguntes del qüestionari permeten obtenir informació sobre els cinc àmbits que s'expliquen i es justifiquen tot seguit:

1) Els coneixements sobre el cicle de l'aigua.

Per identificar els coneixements de l'alumnat sobre la circulació de l'aigua per la natura (cicle natural) i sobre la circulació de l'aigua per la ciutat (cicle urbà): perquè abordar la crisi ambiental, ja sigui a través del context de l'aigua o qualsevol altre, com senyala Lemke (2006), requereix canvis en la comprensió i també en les actituds sobre la relació de la nostra espècie amb la resta de l'ecologia planetària. És a dir, el coneixement científic té un paper imprescindible, tot i que no suficient, per promoure un canvi ambiental a favor d'un desenvolupament més sostenible.

2) La capacitat d'argumentar la importància de l'ús sostenible de l'aigua.

Per identificar si l'alumnat utilitza el coneixement científic i ambiental per explicar les causes i les conseqüències que justifiquen una acció ambiental, en aquest cas, a favor de l'ús sostenible de l'aigua: perquè l'educació ambiental no només vol promoure un canvi en la manera d'actuar sinó que pretén que aquesta sigui

conscient i responsable, és a dir, que les persones actuïn amb coneixement de causa d'allò sobre el que s'actua (Sanmartí & Pujol, 2002). Explorar els propis arguments també és imprescindible per participar del debat social ja sigui per escoltar altres posicions i incorporar les idees més rellevants per a la presa de decisions, per enriquir-lo amb els propis punts de vista o bé, per aportar una mirada crítica davant de certes decisions polítiques (Jiménez Aleixandre, 1998; Mayer, 1998; Sauvé, 2010).

3) Les accions ambientals conegudes per l'alumnat.

Com a indicador per avaluar les actituds envers l'ús sostenible de l'aigua (tot i que no podem saber si les accions descrites són o no comportaments que practiquen) i les característiques de les accions que descriuen (si són estereotipades o socialment consolidades, usos directes o indirectes, impactes o contaminació de l'aigua, etc.): perquè com afirma Steg i Vlek (2009) és important identificar clarament els comportaments que han de ser canviats per millorar la qualitat ambiental així com també tenir clar quins són els comportaments que tenen més impacte ambiental.

4) Els records de les activitats realitzades.

Per detectar quines activitats, continguts, experiències o vivències han tingut un impacte en la memòria de l'alumnat: perquè com afirma Chawla (2006) la memòria és el mitjà pel qual se selecciona i s'interpreta els esdeveniments significatius. Segons aquest autor, que ha fet nombroses recerques en l'àmbit de les experiències significatives de vida en el camp de l'educació ambiental, ha constatat la importància del paper de l'escola -entre d'altres- en la formació ambiental de les persones ambientalment compromeses.

5) La resolució d'un problema ambiental.

Per conèixer quina és la visió ambiental que predomina davant una problemàtica ambiental (adoptar mesures restrictives (prohibir/tancar) o permissives, mesures correctores o bé despreocupar-se del problema). Perquè la tipologia de respostes de les persones davant un problema o fet concret permet identificar quina és la visió ambiental predominant per posteriorment, si s'escau, definir estratègies que promoguin un canvi de tendència. Aquesta proposta de classificació s'inspira amb els grups de població identificats en l'Enquesta d'Hàbits i Valors (Ajuntament de Barcelona, 2010b) que en funció de la seva resposta ambiental a una bateria de preguntes, els agrupa en 4 categories de ciutadans: compromesos, complidors, desconixedors i despreocupats.

3.4.1.3 Criteris considerats per a l'elaboració de les preguntes

L'activitat de la representació dels cicles de l'aigua (dibuix) ha estat l'activitat central del qüestionari que, juntament amb la resta de preguntes, han permès obtenir dades sobre els cinc aspectes descrits anteriorment.

Els qüestionaris presenten una sèrie d'avantatges adients per a la recerca. En primer lloc perquè les preguntes esdevenen la “porta d'entrada” directa a la informació que es vol recollir; l'alumnat disposa de temps per pensar cada resposta; les dades obtingudes permeten ser comparades i perquè permet, escollir el moment més idoni per fer respondre el qüestionari. Les preguntes incloses, tenen un caràcter obert i s'han elaborat tenint en compte algunes de les consideracions descrites per Thomas (2009):

- **Ajustar l'extensió del qüestionari a les persones que l'han de respondre i que no sigui excessivament llarg:** el qüestionari inclou entre 4 i 5 preguntes i a nivell de format, ocupa una pàgina per davant i per darrera.
- **Plantejar les preguntes de manera clara i precisa** així com recollir tots els detalls que puguin ser necessaris (curs, grup, nom, data...): en el primer qüestionari no es va recollir el nom de l'alumnat, en els següents sí perquè es va pensar que potser seria rellevant analitzar la variable de gènere i també per poder analitzar l'evolució dels aprenentatges de cada alumne (cas E3 i GEP).
- **Evitar formular preguntes massa directes:** s'han contextualitzat les preguntes de manera que ajudin a “refrescar” la ment de l'alumnat, per exemple *“l'any passat vàreu fer moltes activitats sobre l'aigua en el marc del projecte...”*.
- **Ajudar a concretar les respostes en dos o tres idees:** s'ha ajudat a concretar les respostes per exemple *“digues tres coses que recordis del projecte del curs passat?”* enlloc de *“què recordes sobre el projecte?”*.
- **Començar el qüestionari amb una pregunta senzilla que ajudi a posar en situació a la persona que l'ha de respondre.**
- **Destacar els aspectes importants de les preguntes:** s'han destacat les idees més importants de cada pregunta fent ús de la negreta.
- **Elaborar un document introductori** amb indicacions pel professorat per aquells casos on la investigadora no ha recollit personalment les dades i amb l'objectiu de fer més homogènies les condicions de recollida de dades (Figura 20).
- **Fer una prova pilot del qüestionari i avaluar-ne la seva validesa:** a la primera escola es va fer la prova pilot i a partir de les entrevistes es va poder avaluar l'eina i es van introduir els següents canvis:

- **millorar la pregunta de l'acció ambiental** per ajudar a l'alumnat a pensar en accions més enllà de les estereotipades.
Per exemple: enlloc de preguntar “*Quins consells li donaries per fer un bon ús de l'aigua?*” s'ha preguntat “*A part d'estalviar tancant l'aixeta o dutxant-se enlloc de banyar-se, quins altres consells coneixes per a fer un bon ús de l'aigua?*”.
- **modificar el dibuix** per deixar més espai entre la fàbrica i el riu (per poder dibuixar alguna depuradora allà mateix) i fer més gran el dibuix.
- **millorar la pregunta de l'argumentació** a partir d'una situació més contextualitzada a partir dels suggeriments fets pel professorat:
[3:136] 39.40 E2: *potser se'ls podria posar en una situació més extrema. No parlar de restriccions sinó d'una situació en la que directament cal tallar l'aigua... per exemple, un noticiari que digués “els aviseu que la setmana vinent tallarem l'aigua durant 8 dies”. I llavors posar en la situació extrema de “tenim la que tenim i llavors què passa”. No tant que he d'estalviar sinó que s'acabava.*
[3:141] E1: *com l'any de la sequera ... la població va prendre mesures perquè es deia que sinó arribarien les restriccions.*

Figura 20. Indicacions pel professorat en l'ús del qüestionari principal

- **Buscar un moment adequat per passar aquest qüestionari:** que hi hagi prou temps, que el grup estigui tranquil...
- **Podeu explicar el context d'aquesta activitat.** Per exemple “*des de la Universitat s'han interessat pels projectes sobre l'aigua que vam fer l'any passat a l'escola i per això, ens han demanat que els cursos de 4t, 5è i 6è responguin a aquest qüestionari*”.
- **Podeu dedicar el temps que vulgueu i pugueu:** pensem que l'alumnat necessitarà uns 30 minuts aprox. però potser n'hi ha que en necessiten més.
- Les mestres **podeu fer qualsevol aclariment però no doneu cap resposta concreta del que han de fer:** es tracta de recollir les idees espontànies dels nens i nenes. No es tracta de veure si ho fan més bé o més malament, sinó que ens interessa conèixer com resolen a diferents edats un mateix problema (per tant hi ha un tema del moment evolutiu del grup). Si no recorden cap de les activitats que van fer o no saben respondre a la pregunta plantejada, que ho indiquin, no passa res.
- Cal que sigui un **treball individual.**
- **Cal demanar a l'alumnat que hi posi atenció com qualsevol altra tasca de l'escola.**
- Demanar que **llegeixin atentament les preguntes.**
- **A la pregunta del dibuix hi ha tres tasques a fer: dibuixar el cicle urbà de l'aigua i el cicle natural i resoldre el problema de la fàbrica.** És important que abans de recollir l'enquesta comprovar que ho hagin fet i si algú diu que no el sap representar o escriure que ho indiqui.

Font: elaboració pròpia

3.4.1.4 Oportunitats i limitacions de l'ús dels qüestionaris

El qüestionari que s'ha presentat i utilitzat per aquesta recerca té avantatges però també limitacions. El principal avantatge és que facilita la recollida de dades, ofereix una informació útil i que és valorat positivament per l'equip del professorat.

L'inconvenient és que només permet obtenir una fotografia aproximada dels aprenentatges realitzats perquè els nens i nenes tendeixen a escriure poc, ràpidament i explicitant poques idees. Possiblement s'explica perquè donada la seva edat encara tenen dificultats de comprensió lectora dels enunciats i d'escriptura i també perquè no donen un valor acadèmic a l'activitat. Altres limitacions detectades han estat les següents:

- **En el moment de “passar” qüestionari.** Tot i tenir un document amb indicacions per efectuar la recollida de dades, en aquells grups on la investigadora no hi va ser present, no es pot saber si la intervenció de la mestra podria haver condicionat o no algunes de les respostes (si va posar exemples, si van revisar que tot estigués contestat abans de recollir els fulls, etc.).
- **“Passar” el qüestionari en diferents dies i diferents hores.** No és el mateix respondre a primera hora, que a darrera hora o en un dia que el grup estigui especialment neguitós. En el cas d'aquells grups on la investigadora ha realitzat la recollida de dades aquesta variable no s'ha pogut controlar ja que la disponibilitat horària ha estat escollida en funció de la disponibilitat del grup. En canvi, en els grups on la tutora ha tingut la possibilitat de fer-ho, ha pogut escollir el moment més adient.
- **Les dificultats d'escriptura i de comprensió dels enunciats.** Els nens i nenes tendeixen a escriure poques idees i possiblement, tal i com expressen les mestres a les entrevistes, això es relaciona amb les dificultats de comprensió lectora i d'escriptura:

E3_En2_línia 40 E7 Quan fem treballs escrits, estem contínuament plantejant preguntes per tal que estirin molt més, perquè pocs nens de forma natural escriuen. Si estires surten continguts molt més rics.

E3_En2_Línia 151 E7 els nens els costa una pregunta simple com “quins nens hi ha dins del cotxe?” et diuen quatre ..o els dius “quants nens hi ha a dins del cotxe?” i et responen en Joan, en Josep... o sigui que diferenciar entre quins i quants en una pregunta simple ja els costa. I tenim un camp a treballar... la lectura dels enunciats i la precisió i rigor en la resposta. Què et demanen?

Donades aquestes limitacions i per poder inferir el grau de validesa de les respostes, s'han entrevistat tres alumnes de l'escola 3 (grup de seguiment del projecte) per identificar si, setmanes després de respondre el qüestionari, escriurien el mateix, afegirien més idees o si en matisarien alguna. De l'anàlisi de les transcripcions s'ha

detectat algunes qüestions que també s'han tingut en compte a l'hora de fer l'anàlisi de les dades (Taula 11).

Taula 11. Principals resultats de les entrevistes a l'alumnat (E3gp)

Àmbit de la pregunta	Resultats entrevista	Exemples extrets de les transcripcions
Cicle natural	Es detecta que l'alumnat sap moltes més coses de les que ha dibuixat. Quan expliquen la representació que han fet tots ells citen les idees de tancar el cicle o de representar les aigües subterrànies (malgrat no dibuixar-les).	<i>E3_En3_Alum23 línia 116</i> <i>E: [...]el cicle natural, me'l pots explicar?</i> <i>A23: L'aigua del mar que queda en vapor als nivells i quan el sol escalfa aquesta aigua doncs torna a caure.</i> <i>E: I on va a parar?</i> <i>A23: A les muntanyes, a les aigües subterrànies, als rius...</i> <i>E: Però no ho vas dibuixar...</i> <i>A23: mmm llavors l'aigua de sota terra va cap als rius i els rius cap al mar.</i>
Acció ambiental	Continuen citant els consells d'estalvi més que ja havien escrit però també n'afegeixen d'altres que fan referència a la prevenció de la contaminació.	<i>E3_En3_Alum15 línia 178</i> <i>Durant tot el tema he anat aprenent coses sobre l'aigua. Al principi no en sabia massa. Sabia que hi havia contaminació però que no sabia coses feia ni com millorar-ho.</i>
Argumentació	Els entrevistats no afegeixen idees noves sinó que matisen allò escrit.	<i>E3_En3_Alum15 línia 158</i> <i>E: afegiries alguna cosa més o ja et sembla bé el que vas escriure?</i> <i>A15: Potser per exemple això de "morir" potser no seria tan així però podrien passar altres coses [ell diu "no hem de gastar perquè podem acabar morint"]</i> <i>E: Per exemple?</i> <i>A15: Doncs que si no tenim aigua no podríem regar les plantes, no tindríem tantes fruites i verdures i tindríem més dificultats per sobreviure.</i>
Records	Afirmen que els records que han escrit són de les activitats que més els van agradar, les que s'ho van passar millor o que els van semblar més originals/divertides. Diuen que la presència de la investigadora no els va condicionar a pensar només en les activitats de la capsa del futur o el conte.	<i>E3_En3_Alum7 línia7. El primer [la capsa del futur] perquè sempre que entrava a la classe i veia la capsa me'n recordava del projecte que estàvem fent. Lo del conte de l'aigua perquè em va semblar una cosa molt divertida de fer que per mi és molt original. I això de les fitxes perquè de vegades a medi, canviàvem i fèiem el projecte i ens donaven unes fitxes per fer-lo.</i>
Interès qüestionari	Consideren que el qüestionari no els va semblar difícil de respondre i pensen que tampoc ho va ser pels companys.	<i>E3_En3_Alum7 línia 60. Em va semblar pensatiu perquè em va fer pensar amb les coses que vam treballar l'any passat, que em vaig passar un any doncs aprenent i estudiant. Doncs va ser pensatiu.</i>

Font: elaboració pròpia. Sent E (entrevistadora), A (alumne) i E3_En3_Alum6 (referència transcripció)

Aquests resultats s'han tingut en compte en l'anàlisi de les representacions. Per exemple, en el cas del cicle natural, si l'alumnat no dibuixa explícitament el tancament del cicle però dibuixa com la precipitació arriba a la superfície o al riu, ja s'ha considerat que té

en compte la circulació superficial malgrat no la representi amb les fletxes o paraules escrites. I en el cas de l'acció ambiental, les noves accions expressades per l'alumnat entrevistat també s'han incorporat a les taules de resultats.

3.4.2 Altres instruments generats a partir del qüestionari principal

3.4.2.1 Qüestionari inicial a l'E3

Aquest instrument s'ha dissenyat per obtenir dades sobre els coneixements inicials del grup experimental (E3gp) abans de començar un projecte sobre l'aigua. Les preguntes fan referència a: (1) el recorregut de l'aigua per a la ciutat; (2) les accions ambientals que coneixen per fer un bon ús de l'aigua; (3) els arguments que justifiquen aquestes accions; (4) les accions quotidianes que contaminen l'aigua i el causant d'aquesta contaminació i (5) la visió de l'alumnat sobre el futur de l'aigua.

El qüestionari inicial (Figura 21 i annex_objectiu2) conté algunes preguntes que també es troben al qüestionari principal i d'altres que són noves (com és el cas del futur). I en el cas del cycle de l'aigua, només es demana la representació del cycle urbà de l'aigua però en aquest cas, dibuixant de manera lliure.

Figura 21. Exemple del qüestionari inicial utilitzat a l'Escola 3

Nomi: Maria
Marta

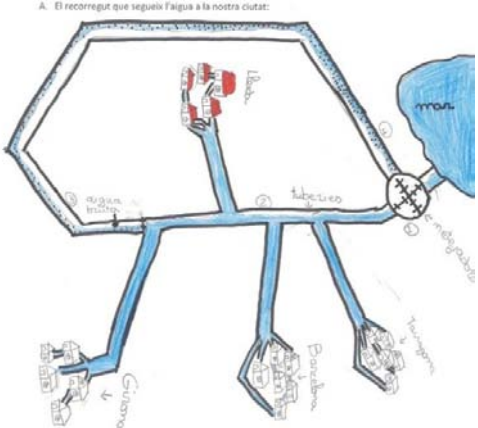
LA CAPSA DEL FUTUR

Què passarà amb l'aigua en el futur?

En aquesta capsa hi volem posar objectes que mostrin i expliquin als habitants del futur quin és el recorregut que actualment segueix l'aigua a la nostra ciutat i quins són els canvis més importants que els donaríem per a fer-ne un bon ús.

També us plantegem una pregunta: què passarà amb l'aigua en el futur? Per trobar-ne les respostes ens cal conèixer d'on ve i a on va l'aigua que consumim, quin ús en fem, com en tenim cura, etc. Per això et demanem que escriguis i/o facis un dibuix que expliqui el recorregut de l'aigua.

A. El recorregut que segueix l'aigua a la nostra ciutat:



B. Si tu fas un bon ús de l'aigua a l'escola, a casa o amb els amics, pots explicar-nos què fas i perquè penses que són importants aquestes accions?

Jo quan em rento les dents mullo el raspall i per estalviar aigua tanco l'aigua mentre em raspallo les dents.
També quan em rento les mans em fero sabó, em muller les mans i tanco l'aigua per la mateixa raó.

C. Un dels principals problemes de l'aigua és que cada vegada que l'utilitzem, l'embrutem. Pensa en almenys 3 accions en les que utilitzis aigua i omple el següent quadre:

Com embrutem l'aigua?	Què podríem fer per millorar-ho?
- Quan em rento - Quan gaig pipí. - Quan rento els plats.	No se que fer per millorar-ho.

D. Tu què penses que passarà amb l'aigua en el futur?

Que pujarà el nivell de l'aigua del mar i m'hi hauria més.

E. D'on has après tot el que has explicat anteriorment?

De la meua, dels pares.

F. Quins objectes i/o fotografies proposes per afegir a la CAPSA DEL FUTUR?

fotos d'una rentadora, fotos d'un pou, un pen amb un escrit sobre l'aigua i fotos dels rius de Catalunya.

Font: elaboració pròpia pel grup de 4t de l'E3

3.4.2.2 Instrument per identificar els coneixements inicials dels estudiants del GEP

L'activitat de representació del cicle natural i urbà de l'aigua adaptada de Gómez-Granell i Moreno (1989) ha estat utilitzada per obtenir informació sobre els coneixements inicials dels estudiants universitaris. Totes les representacions han estat recollides, escanejades i posteriorment, retornades als estudiants.

Figura 22. Exemple de l'instrument inicial utilitzat en el GEP



Font: elaboració per part de l'equip docent i l'equip investigador

3.4.2.3 Instrument per identificar els coneixements finals dels estudiants de GEP

A l'examen final de l'assignatura de Didàctica de les Ciències Experimentals (3er del Grau d'Educació Primària) s'han inclòs dues preguntes que requerien l'aplicació dels coneixements apresos en relació al cicle de l'aigua. Aquestes han estat d'utilitat per identificar l'evolució dels coneixements (Figura 23). Tant els continguts de les preguntes com els criteris d'avaluació han estat elaborats i consensuats pel professorat de l'assignatura en col·laboració amb la doctoranda i la seva directora.

Figura 23. Exemple de les preguntes incloses a l'examen final (GEP)

2- El cicle de l'aigua

a) Després d'haver treballat a classe el cicle de l'aigua proposa els criteris d'avaluació que utilitzaries per fer una diagnosi dels dibuixos del cicle de l'aigua fets per alumnes de primària. Tria entre fer els criteris del cicle natural o del cicle urbà.

b) Dos alumnes de Primària han fet aquests dibuixos del cicle de l'aigua. Tria'n un i fes-ne un comentari com si fossis el mestre tenint en compte els criteris que has definit per tal de que millorin el seu dibuix.

Alumne 1 (4t primària)

Alumne 2 (5è primària)

Font: preguntes elaborades per l'equip docent i l'equip investigador

A la primera pregunta (a), es demanava pensar en criteris d'avaluació (a escollir entre cicle natural i cicle urbà) per avaluar representacions del cicle de l'aigua de l'alumnat de primària. A la segona pregunta (b), els estudiants havien de mostrar la seva capacitat d'avaluar i ajudar a millorar les idees dels futurs alumnes en base als criteris definits prèviament. Les respostes han estat d'utilitat per identificar els coneixements finals dels estudiants en relació al funcionament del cicle natural i urbà de l'aigua.

3.4.2.4 Instruments per analitzar el procés metareflexiu dels estudiants GEP

S'han utilitzat dos qüestionaris per afavorir la metareflexió dels estudiants sobre el propi procés d'aprenentatge. El primer qüestionari, que ha estat respost en finalitzar les sessions de docència sobre el cicle de l'aigua, està format per tres preguntes (Figura 24) de les quals, la primera d'elles fa referència a la metareflexió sobre el propis aprenentatges i és la que s'ha analitzat per aquesta recerca.

Figura 24. Exemple de preguntes del qüestionari metareflexiu utilitzat en el GEP

- a) Què penses que heu après realitzant aquesta activitat del cicle natural i urbà de l'aigua?
- b) Si fossis mestre, quines activitats penses que podrien ser les més adequades per un grup d'alumnes de cycle mitjà o superior?
- c) L'audiovisual és un recurs que actualment està en revisió. Quina és la teva opinió o quines propostes de millora suggeriries?

Font: elaboració pròpia

El segon qüestionari, de caràcter més extens que el primer, ha estat respost un any després de realitzar la seqüència sobre el cicle de l'aigua. Es va optar per la modalitat d'enquesta on-line perquè els estudiants es trobaven en període de pràctiques. L'enviament es va poder fer efectiu a 60 estudiants -pràcticament tot l'alumnat que l'any anterior estava matriculat a l'assignatura- ja que va mancar alguna adreça de correu-e.

El qüestionari, format per 9 preguntes de caràcter obert (Figura 25 i annex_objectiu3) ha permès obtenir informació detallada sobre:

- Els records entorn la temàtica del cicle de l'aigua desenvolupada des de les classes de Didàctica de les Ciències (continguts, activitats, aprenentatges,...).
- La valoració (i la seva justificació) de la seqüència d'activitats programada (coavaluació, comparació dels propis resultats amb els de l'alumnat de primària).

Figura 25. Contingut del qüestionari on-line

<p>1. Digues almenys 3 coses que recordis sobre cicle de l'aigua que vàreu fer a l'assignatura de Didàctica de les Ciències de 3er:</p>
<p>2. En una de les activitats es va representar el cicle natural i urbà de l'aigua i posteriorment vàreu avaluar les representacions dels companys/es mitjançant uns criteris d'avaluació: Valora l'interès d'avaluar les representacions dels teus companys de l'1 al 10 Dóna'ns almenys dues raons sobre la teva valoració</p>
<p>3. En una de les sessions, es van mostrar els resultats de les representacions del cicle de l'aigua d'un grup d'alumnes de primària i les vostres: Valora l'interès d'aquesta activitat de l'1 al 10 Dóna'ns almenys dues raons sobre la teva valoració:</p>
<p>4. A partir de totes les activitats realitzades, quins aspectes recordes haver millorat del teu dibuix inicial?</p>
<p>5. Una mestra va proposar als seus alumnes aquesta activitat: "Imagina't que l'alcalde et demana ajuda perquè vol escriure una carta als barcelonins <u>per explicar bé els motius pels quals cal fer un bon ús de l'aigua.</u> Quins arguments penses que hauria d'incloure?" Si fossis mestre quins tres arguments, entre els possibles que diguessin, valoraries com a més interessants i vàlids?</p>
<p>6. Es discuteix sobre l'interès per a l'aprenentatge del cicle de l'aigua de les activitats fora de l'aula: Valora de l'1 al 10 l'interès d'aquest tipus d'activitat Cita'n almenys dues activitats que coneguis i dues raons que avalin el seu interès</p>

Font: elaboració pròpia

Per tal d'incentivar als estudiants a respondre el qüestionari, es va anunciar el sorteig de material didàctic i bibliogràfic sobre educació científica i educació ambiental i a més a

més, es van fer diversos enviaments de recordatori. Per facilitar la recollida de dades, l'enquesta es va dissenyar utilitzant la plataforma formularis de *google* ja que possibilita fer una descàrrega de les dades en format Excel.

El fet que l'enquesta no fos anònima va ser d'interès per analitzar el perfil dels estudiants que l'havien respost. Els estudiants que van contestar-la (17/60) tenien un perfil molt heterogeni que respon a les característiques del grup sencer: gèneres diferents, edats diverses i també, diferents notes de l'avaluació final de l'assignatura.

3.4.3 Altres tècniques utilitzades

3.4.3.1 Entrevistes

Com defineix Ruiz Olabuénaga (1999) *“L’entrevista en profunditat és una tècnica per a recollir informació mitjançant una conversa professional amb una o varies persones per un estudi analític d’investigació o per contribuir en els diagnòstics o tractaments socials. L’entrevista en profunditat implica sempre un procés de comunicació en el transcurs del qual ambdós actors, entrevistador i entrevistat, poden influir-se mútuament, tant conscientment com inconscientment”*.

S'han realitzat entrevistes individuals i col·lectives en profunditat a mestres i alumnes de caràcter semi-estructurat ja que han combinat l'estructura d'una llista de temes a tractar juntament amb la possibilitat de seguir l'ordre que es consideri oportú en funció del propi ritme de la conversa amb l'entrevistat. Les entrevistes realitzades amb mestres, d'una hora aproximada de durada, han tingut per objectiu comú aprofundir en les experiències d'educació ambiental realitzades i intercanviar opinions sobre la interpretació dels resultats obtinguts de la recollida de dades amb l'alumnat. Les entrevistes amb l'alumnat de primària, d'uns 10 minuts aproximats de durada, han tingut per objectiu afinar la interpretació dels dibuixos sobre el cicle de l'aigua i valorar la validesa de les respostes.

Per a la seva planificació s'han tingut en compte consideracions citades per autors diversos en relació a les diferents fases del procés (Gorgorio, 2011; Ruiz Olabuénaga, 1999; Thomas, 2009).

Fase disseny de l'entrevista

A la fase de disseny de cada entrevista, s'ha pensat en tot moment amb el receptor, és a dir, amb les mestres que s'han d'entrevistar i amb les experiències que han realitzat. Abans de cada entrevista s'han identificat les qüestions més importants a plantejar intentant respondre a preguntes com ara *“què espero de l'entrevista?”* *“m'agradaria que aquesta mestra m'ajudés a ...”*. Per planificar una entrevista ha estat imprescindible identificar quins són els objectius de la mateixa i quines són les estratègies, preguntes o situacions que permetran arribar-hi. Per aquest motiu, per a cada una d'elles s'ha elaborat un guió que té en compte els criteris descrits a la figura següent.

Figura 26. Consideracions per a la planificació de les entrevistes

- Identificar els temes a tractar o la possible estructura de la conversa.
- Cercar situacions que permetin arribar a la pregunta sense haver de formular preguntes massa directes. Per exemple, enlloc de “*Quines activitats d’EdS feu a l’escola?*” plantejar-ho de manera més indirecte “*Malgrat els esforços per estendre l’EdS a les aules sempre es pot fer més però el temps sempre és un limitant...què penseu que cal prioritzar?*”.
- Plantejar situacions que facilitin parlar sobre un tema concret (*Explica’ns una experiència de la que estiguis més satisfet; Si tornéssiu a fer aquesta experiència què canviariéu?*).
- Evitar formular preguntes sobre aspectes dels quals la informació es pot obtenir per altres vies (consultant web, materials, etc.).
- Valorar l’ús de vídeos, fotografies o algun altre suport per expressar idees a partir de preguntes com: *Perquè heu seleccionat aquestes imatges?*

I finalment, abans de cada entrevista sempre s’han revisat i posat a prova els aparells d’enregistrament de veu utilitzat i s’han seleccionat els models més adequats en funció del nombre de persones entrevistades.

Fase de desenvolupament de l’entrevista

S’ha tingut en compte la importància de crear un clima de confiança i respecte tenint cura de la comunicació verbal i de la no verbal. Sempre s’ha iniciat fent una exposició dels objectius i motius de l’estudi i s’ha introduït la conversa mitjançant comentaris o preguntes de caràcter obert i general amb l’objectiu de “trencar el gel”. Durant el seu desenvolupament, s’ha procurat que sigui més aviat una conversa que no pas un *interrogatori* i per aquest motiu s’han fet poques preguntes (obertes però concretes i no tendencioses) i s’han plantejat situacions indirectes utilitzant un llenguatge proper i un to adequat per animar a l’interlocutor a prendre la paraula i a explicar-se.

També s’ha procurat reforçar i valorar allò que s’explica tot reconeixent la feina feta, s’han evitat pauses massa llargues que poguessin incomodar, s’ha vetllat per no fer comentaris innecessaris, i s’ha insistit en la idea que totes les respostes són vàlides i bones perquè serveixen per entendre com es resolen certes situacions des de les escoles. La gravadora sempre s’ha situat en un espai no central per afavorir en els primers moments un clima més relaxat i s’ha manifestat la possibilitat d’aturar l’aparell si hi ha alguna qüestió que no es vol enregistrar. D’altra banda, les notes s’han limitat a idees o dades molt concretes i d’interès pel seu aprofundiment al llarg de la conversa.

Al llarg del seu desenvolupament s’ha tingut en compte l’ús d’estratègies per “verificar” si s’està entenent bé el missatge com per exemple, realitzant petits resums per estructurar les principals idees recollides per tal de construir significats compartits o per donar la possibilitat a l’entrevistat a matisar o rectificar les seves explicacions. En finalitzar-la, s’ha donat l’oportunitat de fer qualsevol aclariment per correu electrònic.

Finalment destacar que aquesta actitud de respecte també s'ha mostrat en el fet de mostrar-se molt adaptable en la disponibilitat de temps de les persones entrevistades i agraint en tot moment el temps dedicat i abans de cada entrevista, s'ha garantit la confidencialitat de les dades i un tractament ètic de la informació facilitada.

Fase posterior a l'entrevista

Ja en una fase posterior a l'entrevista, pocs minuts després de finalitzar-la i una vegada ja fora del centre, sempre s'ha realitzat un diari de camp per resumir les informacions i impressions més destacades de la conversa. Posteriorment totes elles han estat transcrits manualment per al seu anàlisi (Figura 27). Totes les transcripcions es poden consultar a l'annex.

Figura 27. Exemple de transcripció d'una entrevista

<p>1 E3_E2_Alum5_270314 2 Total 3 alumnes. 10' aprox per alumne 3 Alumna enquesta 3.5.7. 4 - Perquè vas escriure aquests records? 5 El primer [la capsa del futur] perquè sempre que entrava a la classe i veia la capsa 6 me'n recordava del projecte que estàvem fent. Lo del conte de l'aigua perquè em va 7 semblar una cosa molt divertida de fer que per mi és molt original. I això de les fitxes 8 perquè de vegades a medi, canviàvem i fèiem el projecte i ens donaven unes fitxes per 9 fer-ho. 10 - I alguna fitxa que recordis? 11 La primera va ser la de fer un dibuix sobre la ciutat del futur pel cartell de l'entrada de 12 la classe. 13 - I et va agradar aquesta activitat? Sí 14 - I alguna altra activitat que no haguessis escrit (imagina't que hi haguessis 15 un punt 4 i 5)? 16 Que a vegades ens reunim tots, i tu també hi eres, i parlàvem sobre el que pensàvem 17 en cercle i també posàvem coses a la capsa del futur. 18 - La pregunta 2 parlava de que [l]a[qu]e[us] demanava... afegiries alguna 19 cosa més o ja et sembla bé el que vas escriure? 20 També podria afegir de no llençar productes químics al mar perquè sinó aquella zona 21 quedava contaminada i no podem pescar i ara tenim les zones de pesca més reduïdes. 22 - I oom ho has après això? Del projecte o ja ho sabies? 23 Doncs perquè a casa la meua mare quan em raspallava llençava els cabells al vàter i 24 això em va fer pensar en el tema. 25 - Pregunta 3, poses molts exemples... tu tots aquests exemples ja els 26 sabies abans de fer el projecte o els has après amb el projecte? 27 Algunes coses les he après amb el projecte com el de construir menys fonts 28 decoratives a la ciutat i les demes ja les sabia. 29 - A casa teva que en parieu... 30 De casa perquè a l'hora de sopar parlàvem molt. 31 - Pregunta futur... llegint la teva resposta, continues pensant el mateix o 32 diries una altra cosa? 33 Jo crec que aquí ja tenia raó perquè estem fent molts avanços tecnològics, ja siguin 34 medicinals i que amb l'aigua també hi podran fer altres avanços. 35 - Recordes el qüestionari inicial... tu vas escriure... veus que és la mateixa 36 pregunta però respos coses diferents. Perquè? 37</p>	<p>38 Perquè a partir d'aquí jo pensava una cosa però després cada cop que anàvem 39 avançant amb el tema m'anava capficant i preguntant si ho havia respost bé o 40 malament. I vaig començar a tenir noves idees i a pensar diferent. 41 - I que diguis que estarà igual què vole dir exactament? 42 Que estarà igual, que potser hi haurà alguna sequera com la del 2009, pot ser? O 43 que hi haurà més inundacions. 44 - Dibuix cicles... què vas dibuixar del cicle natural? Afegiries alguna cosa 45 més. 46 Sijo aquí hauria d'haver escrit "ni subterrani". Si també hauria de dibuixar un 47 núvol d'aigua que expulsés aigua perquè el nu necessita omplir-se, per tant hauria 48 de posar un núvol d'aigua. 49 - I amb això ja estaria? 50 Sí ja estaria 51 - I el núvol d'aigua com s'hauria format? 52 Doncs s'hauria format perquè el Sol, els rajos de sol, evaporen l'aigua del mar i 53 llavors també dibuixaria, ara que ho dius, una mena d'ona que simbolitzaria 54 l'evaporació de l'aigua. 55 - I amb això ja quedaria fet el cicle natural? 56 Sí natural 57 - Què et va semblar el qüestionari? 58 Em va semblar pensatiu perquè em va fer pensar amb les coses que vam treballar 59 l'any passat, que em vaig passar un any doncs aprenent i estudiant. Doncs va ser 60 pensatiu. 61 - I penses que els teus companys també els hi va semblar pensatiu i es van 62 esforçar per respondre'? 63 Doncs depèn de quin company. Per exemple la Leonor que es una bona 64 companya potser sí que hagués pensat una cosa diferent però hi hagués posat 65 ganes. 66 - I en general, com a classe? 67 Depèn... mig i mig. Hi ha de més treballadors que d'altres, n'hi ha que els hi costa 68 més n'hi ha que els hi costa menys. 69 70 71 72 73</p>
---	--

3.4.3.2 Focus-group

Els focus-group, a diferència de les entrevistes, és una tècnica en la que l'investigador adopta un rol més secundari de caràcter facilitador o moderador de la discussió entre els participants (i no entre els participants i l'investigador). Per tal d'estimular la discussió es poden preparar materials (objectes, artefactes, fotografies, dibuixos, vídeos...) que ajuden a centrar el focus del debat i a fer aflorar els coneixements, creences i valors dels participants (Thomas, 2009).

El primer focus-group s'ha realitzat amb un grup de mestres de l'escola 1 format per representats d'educació infantil i dels diferents cicles de l'educació primària. Aquest focus-group, ha tingut per objectiu recollir informació sobre bones pràctiques d'aula en relació als àmbits de l'educació ambiental i l'educació científica i identificar possibles punts de connexió. El segon focus-group, s'ha realitzat amb els estudiants del Grau

d'Educació Primària de la UAB amb l'objectiu d'identificar experiències i vivències que els havien ajudat en l'aprenentatge del cicle natural i urbà de l'aigua i les que prioritzarien com a futurs mestres.

Per a la preparació de cada focus-group s'ha elaborat un guió amb l'estructura de la sessió (objectius, preguntes o activitats per orientar el debat) i s'han preparat materials diferents per estimular el diàleg. En el primer cas, s'ha fet ús de fotografies per a seleccionar i iniciar el diàleg i en el segon cas, s'ha fet ús d'afirmacions que calia escollir en funció del grau d'acord. Donat que ambdues sessions s'han desenvolupat en horari de migdia (les mestres just acabades les classes del matí i en el cas dels estudiants, just després de l'examen de didàctica de les ciències), s'ha ofert un petit refrigeri per fer més distesa la trobada i agrair l'esforç dels assistents.

Les sessions s'han enregistrat, en el primer cas mitjançant una gravadora de veu i en el segon cas, també amb una càmera de vídeo. I finalment, s'ha dut a terme la transcripció pel seu anàlisi.

Figura 28. Espais i materials utilitzats per desenvolupar el focus-group

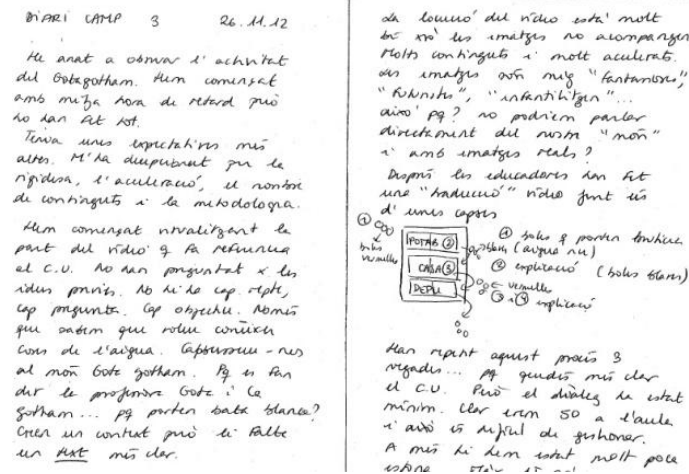


3.4.3.3 Diari de camp

Un diari és una eina que permet registrar per escrit pensaments o esdeveniments que han tingut lloc o que encara s'han de produir, sentiments, accions realitzades, converses, etc. (Thomas, 2009).

Cada visita realitzada als centres educatius s'ha documentat en forma de diari de camp en el que s'han anotat totes aquelles informacions d'interès, impressions personals i altres aspectes rellevants per la recerca. En el cas de les entrevistes, aquesta tècnica ha estat realment important per recollir les informacions que no han quedat registrades com per exemple, la conversa que sorgeix al final de cada entrevista un cop apagada la gravadora (que sempre és molt enriquidora), les observacions fetes durant l'estada al centre, les sensacions i impressions de la conversa així com altres reflexions sobre l'interès de les informacions recollides en funció de l'objectiu plantejat. La tècnica del diari de camp ha estat d'utilitat per a la interpretació de les dades però també, en un cas, ha esdevingut una font de dades ja que en una de les entrevistes la gravadora va deixar de funcionar a la meitat de la conversa.

Figura 29. Exemple d'un fragment del diari de camp



3.4.3.4 Anàlisi del contingut

L'anàlisi del contingut és una tècnica per llegir i interpretar el contingut de tota classe de documents i, més concretament (encara que no de manera exclusiva) dels documents escrits que poden ser textos propis (notes, transcripcions d'entrevistes) o escrits per altres persones que són analitzats de manera sistemàtica (Ruiz Olabuénaga, 1999) per tal de localitzar aquella informació que permet donar respostes a les preguntes de la recerca (Thomas, 2009).

Els documents consultats i analitzats han estat els dossiers de l'alumnat -que en alguns casos ha suposat contactar amb alumnat de secundària -, les informacions publicades a les webs dels centres, els projectes i les memòries presentades en el Programa BcnE+S i altres documents de planificació elaborats pel professorat. En el cas d'un centre, també s'ha analitzat el contingut d'un conte ambiental elaborat pels propis alumnes com a activitat d'aplicació del projecte de l'aigua.

L'anàlisi dels dossiers de l'alumnat ha estat d'utilitat per evidenciar les activitats explicitades pel professorat durant les entrevistes i per conèixer com aquestes s'han organitzat en el temps i quines característiques tenien. Sent conscients que els dossiers no recullen tot allò que realment es fa a l'aula o a l'escola també s'ha analitzat, en els casos on s'ha pogut tenir accés, els documents de planificació del professorat (de les activitats i continguts sobre l'aigua, de les sortides realitzades, dels projectes i memòries de BcnE+S...) i les informacions publicades a les webs dels centres relacionades amb l'objecte d'estudi (textos i fotografies) ja que aporten elements d'anàlisi complementaris.

L'anàlisi de documents s'ha anat realitzant al llarg de tot el procés de la recerca i ha estat d'utilitat tant per la preparació de les entrevistes com per a contrastar les informacions d'aquestes i per ajudar a construir la interpretació de les dades. Per sistematitzar l'anàlisi s'han escanejat o gravat digitalment totes les informacions i s'ha fet un buidat utilitzant

una graella que sintetitza les activitats realitzades (Figura 30) i que es pot consultar a l'annex.

Figura 30. Graella d'anàlisi del contingut dels materials analitzats

BUIDAT DE LES ACTIVITATS SOBRE L'AIGUA REALITZADES ENS ELS DIFERENTS CENTRES

Dades recollides de l'anàlisi dels documents, les entrevistes, el diari de camp i els records citats en el qüestionari dels nois i noies

ACTIVITATS I RECURSOS EXTERNES

ESCOLA 1

GRUPS	ACTIVITATS REALITZADES CURS ANTERIOR (10-11)	COMENTARIS ENTREVISTES
E14	<p>Contingut dossier de 3er (10-11)</p> <p>XERRADA AMICS DE TANZANIA, CONSTRUCCIÓ DE POUS. Posteriorment debat i escrit.</p> <p>RECULL DE NOTÍCIES SOBRE L'AIGUA PER PART DELS NENS I ANÀLISIS SOBRE ELLES (escrits)</p> <p>Tsunami (còpia llibre de text)</p> <p>Consells com podem estalviar aigua: fotos i escrits explicatius (rentavaixelles, aixeta tancada, dutxa, ampolla cisterna vàter)</p> <p>TREBALL DEL CICLE URBÀ DE L'AIGUA: esquema "el camí de l'aigua" (fulleró agbar) i escrit que l'explica fet per l'alumne</p> <p>DIBUIX CICLE DE L'AIGUA (el fan ells)</p> <p>VISITA MUSEU AGBAR: treball posterior (fotos dels experiments i comentari escrit)</p>	<p>[3:31] E1: són les dues coses. És un grup molt bo. Amb molts alumnes que són molt bons. Doncs és un grup molt diferencial, amb un grup d'alumnes molt potents. Ho sabem, ho sabem, que és un grup molt bo.</p> <p>[3:36] E1: i això fa que tri el grup. Potser si que també hi ha algun alumne de quart que haurà fet alguna cosa al seu "aire" però el gruix del grup és potent i això fa que els resultats siguin bons encara que hi hagi un parell que hagi d'entrar com rescatant. El grup és bo. Que es van prendre el qüestionari en serio? Doncs segur... i possiblement tot ho van aprofitar molt. Però passaria el mateix si féssiu un qüestionari d'una altra cosa.</p> <p>[4:10] E5: és un grup molt actiu que té moltes ganes d'aprendre, hi ha com la meitat que són molt potents i arrossegueu als altres. N'hi ha que els hi costa més però com que hi ha aquest grup amb tanta força... i qualsevol cosa que es planteja ells de seguida venen en moltes preguntes i si demanaves informació portaven moltes coses...</p> <p>[4:51] E5: jo penso que sí, és el que vam fer allà [Museu Agbar] i nosaltres també vam recuperar i vam estar treballant després. Vam recordar molt i vam tornar a fer-ho aquí. I això pot ajudar a aprendre</p>

Font: elaboració pròpia

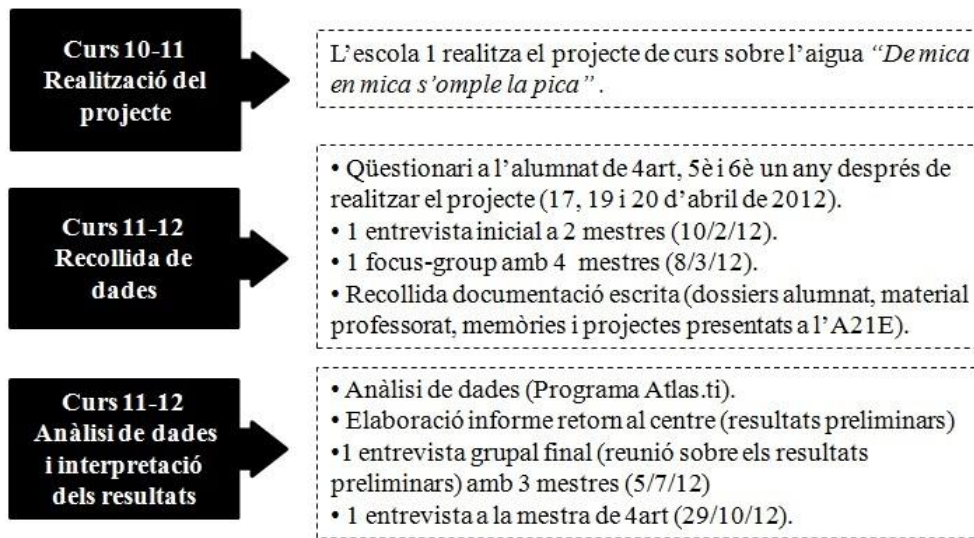
3.5 EL PROCÉS DE RECOLLIDA DE DADES EN CADA CAS D'ESTUDI

En aquest apartat es presenta cada cas d'estudi (context, experiència realitzada sobre l'aigua i característiques de la mostra), es justifica el seu interès en relació als objectius de la recerca i s'exposa el procés de recollida de dades que s'ha desenvolupat en cada cas.

3.5.1 Escola 1

La següent figura, sintetitza cronològicament el procés de recerca realitzada en aquest primer centre.

Figura 31. Síntesi de la metodologia aplicada a l'Escola 1



3.5.1.1 Context

L'escola 1 és una escola d'educació infantil i primària pública situada al Poblenou, districte de Sant Martí de Barcelona. És un centre d'una línia que acull alumnat d'un nivell socioeconòmic mitjà-baix i desenvolupa diferents propostes d'innovació educativa relacionades amb les ciències -a través de l'Aula de Ciències- i amb l'educació ambiental ja que ha participat al Programa BcnE+S (període 2008-2012).

Anualment l'escola realitza els anomenats "projectes de curs" on tots els grups-classe organitzen activitats al voltant d'una temàtica escollida. Aquest enfocament metodològic s'aprofita per explorar les oportunitats que ofereix el territori (visites, tallers a l'aula, recursos) i la pròpia comunitat (familiars, amics) ja que valoren la riquesa d'aquestes propostes en l'educació dels nens i nenes.

En el curs 2010-2011, l'escola va escollir com a projecte de curs el tema de l'aigua (anomenat "*De mica en mica, s'omple la mica*") per donar continuïtat i reforçar les accions iniciades durant el context de sequera que es va patir Catalunya l'any 2008. Es van programar diverses activitats com ara visites (Museu de les Aigües, Depuradora de Montcada,...), tallers d'educació ambiental externs (xerrada "Conèixer millor l'aigua", Taller "Gota-gotham") i xerrades amb familiars (un hidròleg, l'associació Amics de Tanzània), intercanvis entre grups-classe, experiments relacionats amb l'aigua, entre d'altres. Moltes d'aquestes activitats van ser realitzades per tots els grups però també, cada mestra va concretar a la seva planificació altres continguts de caràcter multidisciplinar (científic, ambiental, social, artístic, lingüístic). La temàtica també s'integrava a les celebracions del centre (com ara el Carnestoltes) i va finalitzar amb la realització dels "tallers del projecte", una festa final de caràcter més lúdic i amb activitats obertes a les famílies.

La relació detallada de les activitats desenvolupades en el projecte es poden consultar a l'annex (annex_objectiu1, carpeta E1).

3.5.1.2 Mostra

La mostra d'estudi de l'escola 1, ha estat formada per un total de 60 alumnes de 3 grups-classe (de 4t, 5è i 6è curs d'Educació Primària). La recollida de dades s'ha realitzat en el curs 2011-2012, un any després del projecte "*De mica en mica s'omple la pica*".

Taula 12. Característiques de la mostra de l'escola 1 (curs 11-12)

Característiques	freqüència	%
Gènere		
Nenes	*	
Nens	*	
Curs		
4t	21	35%
5è	20	33%
6è	19	32%
Total estudiants del grup	60	

Font: elaboració pròpia.

* les dades sobre el gènere no s'han pogut obtenir atès que el qüestionari era anònim

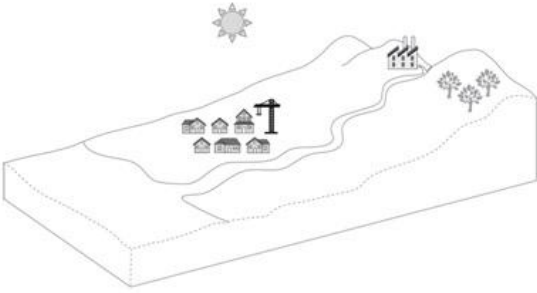
3.5.1.3 Justificació

L'estudi de cas realitzat a l'E1 es relaciona amb l'objectiu 1 d'aquesta recerca i sorgeix de l'interès de diagnosticar la cultura ambiental de l'aigua en l'alumnat de primària un any després de realitzar un treball per projectes i identificar quines de les activitats realitzades han pogut contribuir a desenvolupar-la.

3.5.1.4 Procés de recollida de dades

En el curs 11-12 s'ha dut a terme el procés de recollida i anàlisi de dades. Les dades s'han obtingut mitjançant un qüestionari (figura 32) que ha estat respost per l'alumnat de 4t, 5è i 6è. També s'han obtingut altres dades amb les tres entrevistes realitzades al professorat i un focus-group en el que hi ha participat un total de 6 mestres diferents. Aquesta informació s'ha complementat amb l'anàlisi de la documentació escrita (dossiers de l'alumnat i material del professorat). Els resultats preliminars de l'anàlisi han estat compartits amb el professorat del centre mitjançant una reunió d'intercanvi (entrevista final) que també ha permès millorar el procés d'interpretació dels resultats. La relació de dades obtingudes es poden consultar a l'annex (annex_objectiu1, carpeta E1).

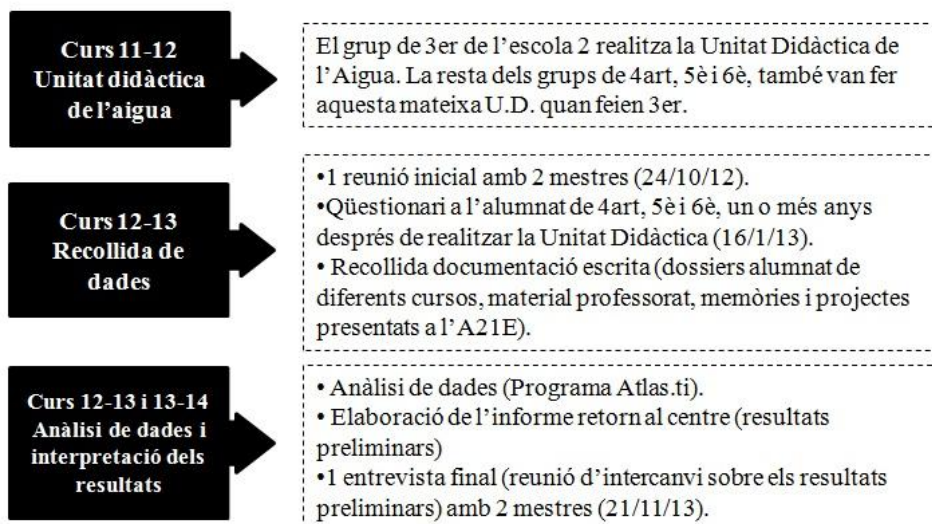
Figura 32. Model de qüestionari utilitzat a l'Escola 1

CURS:	DATA:
<p>A. El curs passat, a la vostra escola, vàreu fer moltes activitats sobre l'aigua. Digueu 3 coses que recordeu del que vàreu fer:</p>	<p>D. Aquesta és la nova urbanització que es vol construir al costat del riu. Més amunt hi ha una fàbrica de detergents que aboca part dels residus que genera en aquest riu. Dibuixa tot el que s'hauria de fer per tal que els futurs habitants tinguessin aigua corrent i potable a les cases i el camí que seguiria l'aigua un cop fos utilitzada. Dibuixa també el cicle natural de l'aigua i, si et cal, afegeix-hi paraules o frases.</p>
<p>B. Fa pocs dies, els meteoròlegs alertaven que feia 4 mesos que no plouia. Imagina't que et visita un amic d'un altre país on no hi ha restriccions d'aigua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Què li explicaries per convèncer-lo de la importància d'estalviar aigua a la nostra ciutat? • Quins consells li donaries per fer un bon ús de l'aigua? 	
<p>C. Pensa en alguna activitat que hagis fet a l'Aula de Ciències. Dibuixa-la i explica amb les teves paraules què hi estàs fent i què estàs aprenent.</p>	

3.5.2 Escola 2

La següent figura sintetitza cronològicament el procés de recerca realitzada en aquest centre.

Figura 33. Síntesi de la metodologia aplicada a l'Escola 2



3.5.2.1 Context

L'escola 2, és una escola d'Educació Primària pública (no té etapa d'educació infantil) situada al districte de Nou Barris de Barcelona. És un centre de dues línies que està

especialitzat en música i dansa i per aquest motiu, l'accés al centre està regulat per unes proves en les que s'avaluen les capacitats motrius i auditives de l'alumnat. Donat que és l'únic centre públic de Barcelona amb aquestes especialitats, l'alumnat prové de diferents barris (també del propi) i de la rodalia de Barcelona i el perfil de les famílies és molt heterogeni.

El centre realitza diferents projectes d'innovació educativa, té mestres especialistes i formadors en l'àmbit de l'ensenyament de les ciències a l'educació infantil i primària i el curs 2015-2016 és el 10è que participa en el Programa BcnE+S.

L'escola 2, desenvolupa els continguts sobre l'aigua en el temari de 3er curs de primària mitjançant la realització d'una unitat didàctica en la que es programen diferents activitats que tenen en compte el procés d'aprenentatge de l'alumnat (explicitació idees prèvies, plantejament d'hipòtesis, experiències, activitats d'estructuració i síntesi i d'avaluació). Entre les activitats realitzades, es realitzen sortides relacionades amb l'aigua (Colònies a les Fonts del Llobregat, Museu de les Aigües), activitats experimentals per comprendre els canvis d'estat i d'altres que tenen per objectiu comprendre el cicle natural i urbà de l'aigua. Tots els cursos analitzats han dut a terme aquesta Unitat Didàctica tot i que, cada any s'hi inclouen petites variacions incorporades pel mestre del grup. La relació detallada de les activitats desenvolupades en el marc de la unitat didàctica es poden consultar a l'annex (annex_objectiu1, carpeta E2)

3.5.2.2 Mostra

La mostra d'estudi de l'escola 2 (curs 2012-2013), la conformen un total de 136 alumnes de 3 grups-classe (4t, 5è i 6è curs d'Educació Primària). Tot i que el percentatge global de la distribució del nombre de nens i nenes és semblant, hi ha diferències importants a partir del 5è curs que és quan els grups-classe es reestructuren en funció de l'especialitat escollida (música o dansa). Sent els grups de dansa els que tenen un nombre més elevat de nenes i els grups de música, els que tenen un nombre més elevat de nens.

Taula 13. Característiques de la mostra de l'escola 2 (curs 12-13)

Característiques	freqüència	%
Gènere		
Nenes	73	54%
Nens	62	46%
Sense identificar		
Curs		
4t	45	33%
5è	48	35%
6è	43	32%
Total estudiants del grup	136	

Font: elaboració pròpia.

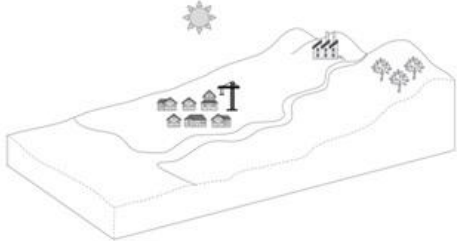
3.5.2.3 Justificació

L'estudi de cas realitzat a l'E2 també es relaciona amb l'objectiu 1 d'aquesta recerca i sorgeix de l'interès de diagnosticar la cultura ambiental de l'aigua en l'alumnat de primària. En aquest cas, la diagnosi s'ha realitzat almenys un any després de dur a terme la unitat didàctica per identificar quines de les activitats realitzades han pogut contribuir a desenvolupar-la.

3.5.2.4 Procés de recollida de dades

En el curs 2012-2013 s'ha dut a terme el procés de recollida de dades. Les dades de l'alumnat s'han obtingut a partir del qüestionari (Figura 34) i les dades del professorat a partir de les dues entrevistes en les que han participat tres mestres diferents i les notes escrites en el diari de camp. També s'ha analitzat documentació escrita (dossiers alumnat, material del professorat i memòries i projectes presentats a l'A21E). L'entrevista final amb el professorat, amb un caràcter de retorn dels resultats preliminars, també ha estat una font de noves dades que han permès complementar l'anàlisi interpretatiu. La relació de dades obtingudes es poden consultar a l'annex (annex_objectiu1, carpeta E2).

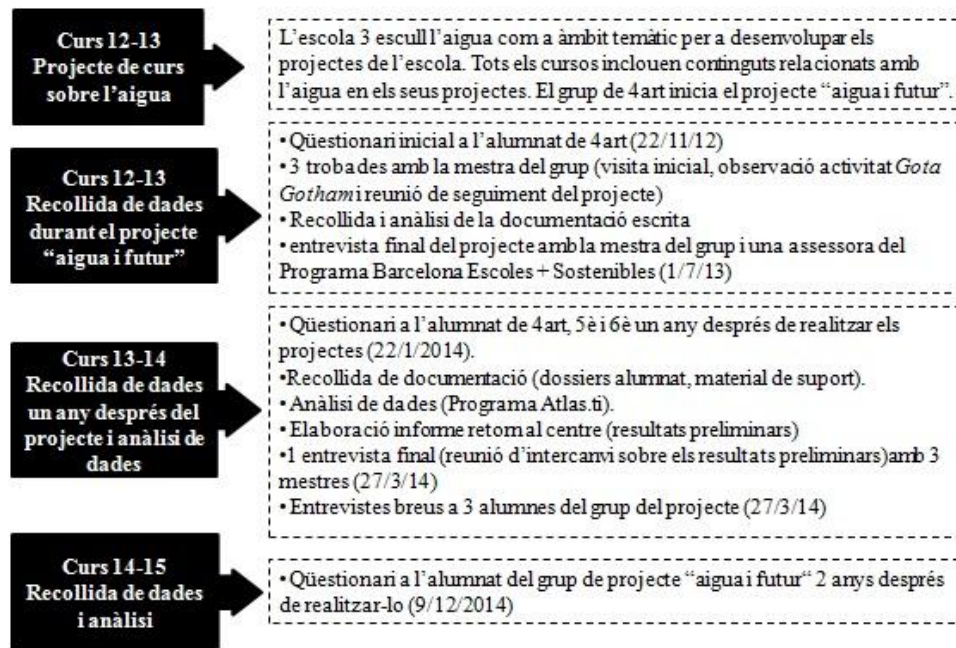
Figura 34. Model de qüestionari utilitzat a l'Escola 2

CURS:	DATA:
<p>A. Al llarg dels cursos, a la vostra escola heu fet moltes activitats sobre l'aigua. Digueu 3 coses que recordeu:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 2. 3. 	<p>C. Aquesta és la nova urbanització que es vol construir al costat del riu. Més amunt hi ha una fàbrica de detergents que aboca part dels residus que genera en aquest riu. Dibuixa tot el que s'hauria de fer per tal que els futurs habitants tinguessin aigua corrent i potable a les cases i el camí que seguiria l'aigua un cop fos utilitzada. Dibuixa també el cicle natural de l'aigua i, si et cal, afegeix-hi paraules o frases.</p>
<p>B. L'any 2012 ha estat un any sec gairebé a tot Catalunya. Imagina't que a les notícies ens alerten que si no estalviem aigua, la propera setmana podrien començar les restriccions. Si et visités un amic d'un altre país: què li explicaries per tal que entengués bé els motius pels quals cal adoptar mesures d'estalvi?</p>	
<p>C. Per fer un bon ús de l'aigua podem dutxar-nos en lloc de banyar-nos i tancar l'aixeta quan ens ensabonem les mans o les dents. Quins altres exemples coneixes per consumir menys aigua i per no contaminar-la tant?</p>	

3.5.3 Escola 3

El procés de recerca que s'ha dut a terme en el darrer cas (Figura 35), a diferència dels anteriors centres, també ha inclòs la recollida de dades abans d'iniciar el projecte i durant el seu desenvolupament.

Figura 35. Síntesi de la metodologia aplicada a l'Escola 3



3.5.3.1 Context

L'escola 3 és una escola d'Educació Infantil i Primària pública del districte d'Horta-Guinardó Barcelona. És un centre d'una línia que acull alumnat d'un nivell socioeconòmic mitjà-baix i que des del curs 2003-2004 participen en el Programa BcnE+S.

En el curs 2012-2013, l'escola va escollir el tema de l'aigua com a tema transversal de l'escola i cada mestre, va integrar en els seus projectes de curs aquesta temàtica. El grup de 4t va desenvolupar un projecte sobre *l'aigua i el futur* amb l'assessorament de BcnE+S i el Departament de Didàctica de les Ciències de la UAB. Entre els seus objectius, es pretén ajudar a l'alumnat a construir coneixements sobre l'aigua des d'una perspectiva científica i ambiental tot utilitzant recursos i activitats que ofereixen institucions externes al centre i que en les escoles 1 i 2, s'han identificat com a activitats que contribueixen a l'aprenentatge sobre l'aigua.

Entre la gran diversitat d'activitats que desenvolupades es destaca l'aprofitament dels recursos que ofereix la comunitat i el territori (visita Museu Agbar, taller Gota-gotham, xerrada familiars); la realització d'activitats experimentals per ajudar a comprendre el cicle de l'aigua (canvis d'estat, procés infiltració, representacions del cicle); l'observació

de fenòmens de l'entorn, el plantejament de preguntes, el formular hipòtesis; la reflexió entorn valors i les actituds (drets i deures, actituds per fer un bon ús de l'aigua) i la reflexió sobre la visió de futur. La relació detallada de les activitats desenvolupades en el marc de la unitat didàctica es pot consultar a l'annex (annex_objectiu2, carpeta E3)

3.5.3.2 Mostra

La mostra d'estudi de l'escola 3 (curs 2013-2014), la conformen un total de 67 alumnes de 3 grups-classe (de 4t, 5è i 6è curs d'Educació Primària). La distribució dels nens i nenes és semblant en els tres grups.

Taula 14. Característiques de la mostra de l'escola 3 (curs 13-14)

Característiques	freqüència	%
Gènere		
Nenes	34	50.7%
Nens	33	49.3%
Curs		
4t	21	31.3%
5è	25	37.3%
6è	21	31.3%
Total estudiants del grup	67	

Font: elaboració pròpia.

3.5.3.3 Justificació

L'estudi de cas realitzat a l'E3 es relaciona amb l'objectiu 2 d'aquesta recerca i sorgeix de l'interès d'analitzar la contribució d'un projecte de curs en la formació de la cultura ambiental de l'aigua. Una de les finalitats és tenir proves de que com aquestes activitats externes tenen un impacte positiu en l'aprenentatge de l'alumnat.

3.5.3.4 Procés de recollida de dades

El procés de recollida de dades de l'escola 3 ha estat més dilatat en el temps ja que, a diferència dels altres centres, s'ha dut a terme el seguiment del projecte realitzat en el grup de 4t. En el curs 2012-2013 i abans d'iniciar el projecte, s'han obtingut dades sobre els coneixements inicials de l'aigua mitjançant un qüestionari inicial (veure Figura 21). Durant el seu desenvolupament, s'ha analitzat la documentació a mesura que ha estat produïda (activitats, converses) i s'han realitzat diferents trobades amb la mestra. Un any després (curs 2013-2014), s'ha utilitzat el mateix qüestionari que en els altres centres però afegint-hi una nova pregunta (pregunta D). A més a més, en el cas del grup del projecte el qüestionari també s'ha respost dos anys després de finalitzar el projecte (Figura 36). Finalment, aquesta informació s'ha complementat amb la realització de 3 entrevistes a l'alumnat i 2 entrevistes a un total de 3 mestres.

Figura 36. Model de qüestionari utilitzat a l'Escola 3

CURS:	DATA:
-------	-------

A. El curs passat a quart, vàreu fer moltes activitats sobre l'aigua i el futur. **Digueu 3 coses que recordeu:**

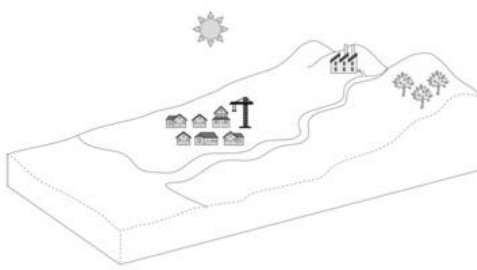
- 1.
- 2.
- 3.

B. Imagina't que l'alcaldet demana ajuda perquè vol escriure una carta als barcelonins per explicar bé els motius pels quals cal fer un bon ús de l'aigua. **Quins arguments penses que hauria d'incloure?**

C. Per fer un bon ús de l'aigua podem dur-nos en lloc de banyar-nos i tancar l'aixeta quan ens ensabonem les mans o les dents. **Quins altres exemples coneixes per consumir menys aigua i per no contaminar-la tant?**

D. Després de realitzar un projecte sobre l'aigua i el futur, **tu què penses que passarà amb l'aigua en el futur?**

E. Aquesta és la nova urbanització que es vol construir al costat del riu. Més amunt hi ha una fàbrica de detergents que aboca part dels residus que genera en aquest riu. **Dibuixa tot el que s'hauria de fer per tal que els futurs habitants tinguessin aigua corrent i potable a les cases de manera que el consum d'energia fos el mínim i el caliu que seguiria l'aigua un cop fos utilitzada.** **Dibuixa també el cicle natural de l'aigua i, si et cal, afegeix-hi paraules o frases.**

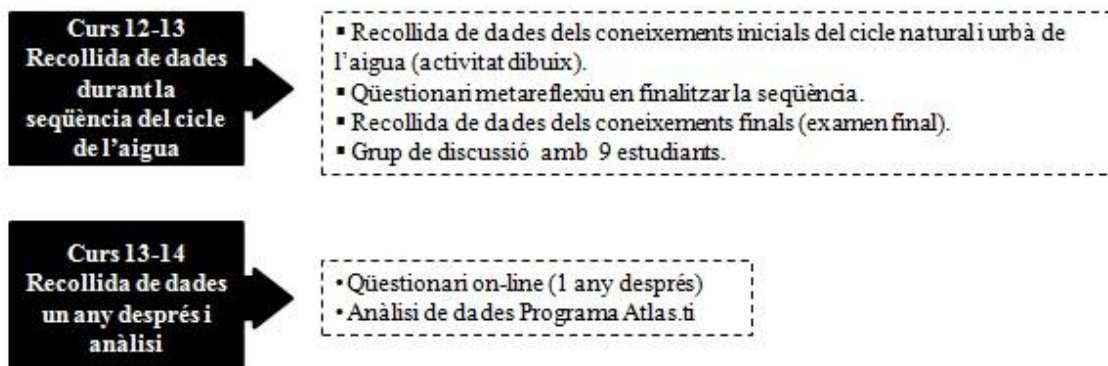


Font: elaboració pròpia

3.5.4 Grau d'educació primària

A la recerca que s'ha dut a terme en el marc de la formació inicial de mestres, en ser un context diferent als anteriors, el procés de recollida de dades ha estat diferent ja que només s'ha centrat l'atenció en els coneixements del cicle natural i urbà de l'aigua.

Figura 37. Síntesi de la metodologia aplicada al Grau d'Educació Primària



3.5.4.1 Context

En el tercer curs del Grau d'Educació Primària (Universitat Autònoma de Barcelona) s'imparteix l'assignatura de Didàctica de les Ciències Experimentals. És una matèria obligatòria de 5 crèdits ECTS i la segona relacionada amb l'àrea de didàctica de les ciències del pla d'estudis vigent. El seu programa i les activitats docents que s'hi desenvolupen ha estat dissenyat i impartit de manera col·laborativa per un grup de professores-investigadores del Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals que prenen com a marcs de referència: les aportacions de les investigacions actuals en l'àrea i de la formació inicial del professorat, les línies de recerca del grup LIEC³⁴ i les experiències a l'aula del Grup de Treball de Ciències a Infantil i Primària (ICE-UAB).

Una característica a destacar del plantejament de l'assignatura és la coherència entre el procés de desenvolupament dels continguts i el model didàctic basat en la construcció del coneixement, l'autorregulació, l'aprenentatge en interacció i l'experimentació. També cal destacar que l'avaluació formativa pren un paper important en aquest procés i per aquest motiu, les diverses tasques que s'encarreguen als estudiants són avaluades de manera qualitativa per tal que puguin aprendre i reflexionar sobre com millorar. Per això, al llarg del curs s'avaluen un nombre important de treballs tot i tractar-se d'un grup nombrós. Els objectius de l'assignatura publicats a la guia docent³⁵ són:

- Identificar i comprendre els continguts de la ciència escolar a l'educació primària.
- Aprofundir en el procés d'ensenyament-aprenentatge basat en la indagació, modelització i comunicació (fer-pensar-parlar).
- Conèixer, proposar i avaluar activitats per fomentar la competència científica.

3.5.4.2 Mostra

La mostra d'aquest estudi, ha estat un grup-classe format per 68 estudiants que, en el curs 2012-2013, està format majoritàriament per dones (tot i que el nombre d'homes és destacable), d'edats diverses i amb vies d'accés als estudis universitaris diferenciats. Totes les sessions han estat impartides per la mateixa professora, que és doctora en Didàctica de les Ciències Experimentals per la UAB (2002) i que té una experiència docent de més de 35 anys.

³⁴ <http://grupsderecerca.uab.cat/liec/>

³⁵ <http://www.uab.cat/guiesdocents/2014-15/g102089t2500798a2014-15iCAT.pdf>

Taula 15. Característiques de la mostra estudiada (GEP curs 2012-2013)

Característiques	freqüència	%
Gènere		
Dones	47	70%
Homes	20	30%
Edat		
20 anys	21	31%
Entre 21 i 25 anys	29	43%
Majors 25 anys	17	25%
Procedència accés al grau		
Batxillerat	27	40%
Cicles Formatius	30	45%
Altres estudis universitaris	8	12%
Majors de 25 anys	2	3%
Total estudiants del grup	67	

Font: elaboració pròpia.

3.5.4.3 Justificació

L'estudi d'aquest cas es relaciona amb l'objectiu 3 d'aquest treball i sorgeix de l'interès d'identificar els coneixements del cicle de l'aigua en els futurs mestres de primària abans d'iniciar una seqüència d'activitats i posteriorment, comprovar si han evolucionat. L'objectiu és caracteritzar la progressió en el procés d'aprenentatge i identificar quines activitats han contribuït en aquesta progressió i quins són els continguts en els que no s'ha millorat i les seves raons.

3.5.4.4 Descripció de les activitats realitzades i del procés de recollida de dades

El procés de recollida de dades s'ha dut a terme de manera paral·lela al desenvolupament de la seqüència de les sessions realitzades (taula 16). La seqüència didàctica forma part del tema *“Aprendre sobre els materials i els seus canvis a l'educació primària. Quines són les idees clau? Què en diu el currículum? Quines idees prèvies té l'alumnat? Com les podem fer evolucionar?”*.

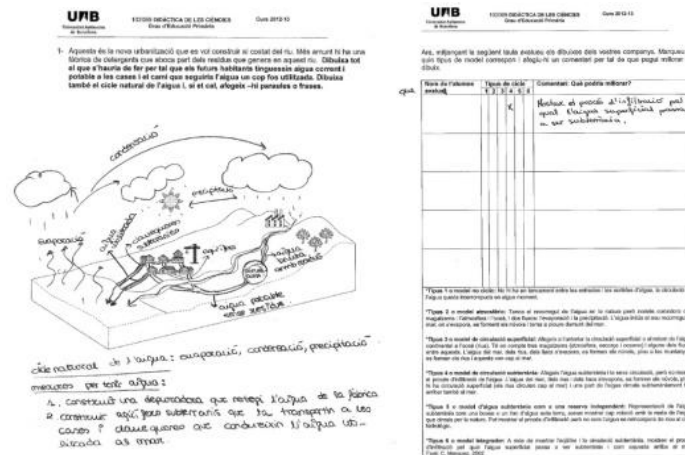
Taula 16. Seqüència d'activitats i accions realitzades al GEP

Curs 2012-2013	Descripció de les activitats i tasques	Dades recollides	Mostra	Observacions
Sessió 1: Identificació idees inicials	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentació dels objectius del nou àmbit temàtic. ▪ Activitat individual: representació del cicle natural i urbà de l'aigua. ▪ Activitat coavaluació: ús d'uns criteris per avaluar les representacions del cicle natural. 	Dibuixos inicials i graella de coavaluació del cicle natural	60 documents	A la sessió van assistir 62 estudiants. Alguns van fer l'activitat conjuntament
Sessió 2: introducció continguts	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sessió magistral del cicle natural de l'aigua i el model "cicle". ▪ Lectura d'un article sobre l'aigua. 			
Sessió 3: retorn resultats i cicle urbà	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sessió sobre cicle urbà: visualització DVD. ▪ Activitat de coavaluació: ús d'uns criteris per avaluar les representacions del cicle urbà. ▪ Exposició dels resultats de l'anàlisi de les representacions del grup-classe i de la seva comparació amb les de l'alumnat d'EP. ▪ Metareflexió (qüestionari) sobre els aprenentatges i les pràctiques docents. 	Graella de coavaluació del cicle urbà Respostes escrites del qüestionari	51 documents 57 documents	A la sessió van assistir 58 estudiants. Alguns estudiants van fer l'activitat conjuntament
Examen final	<ul style="list-style-type: none"> ▪ S'introdueixen preguntes sobre el cicle natural i urbà de l'aigua. 	Respostes escrites de l'examen	66 documents	35 estudiants escullen opció cicle urbà i 31 escullen cicle natural
Focus-group	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conversa per investigar quines de les experiències viscudes a l'escola han estat més significatives per l'aprenentatge sobre la temàtica de l'aigua i per conèixer l'opinió sobre la seqüència d'activitats realitzada. 	Gravació de la conversa	9 estudiants	Es van convocar 11 en total
Enquesta on-line (1 any després)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tramesa d'un qüestionari on-line a tot el grup-classe per identificar què recorden haver après sobre l'aigua i de les activitats realitzades l'any anterior. 	Respostes escrites del qüestionari	17 estudiants responen	Es va enviar a 60 estudiants (adrees disponibles)

Font: elaboració pròpia.

A la **primera sessió**, de 2h30 de durada, es van presentar els objectius del nou àmbit temàtic, es van identificar els coneixements inicials dels estudiants mitjançant una activitat individual de representació del cicle natural i urbà de l'aigua i es van coavaluar les representacions del cicle natural mitjançant l'ús d'un instrument d'avaluació (figura 38).

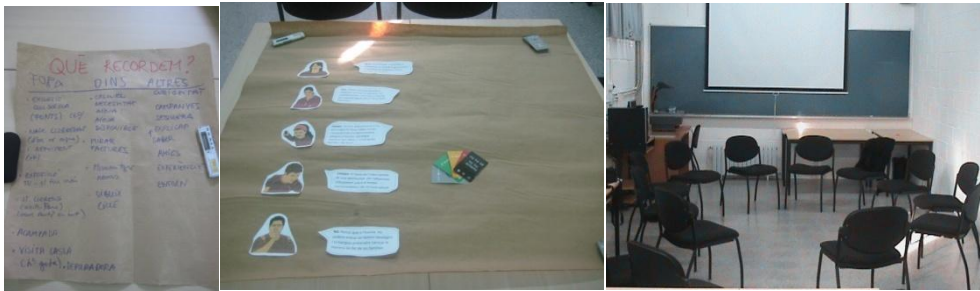
Figura 38. Exemple de l'activitat inicial i de la coavaluació del cycle natural



A la **segona sessió**, que va tenir lloc una setmana més tard, la professora de l'assignatura va realitzar una exposició magistral entorn el concepte de “cicle” com a concepte estructurant que permet representar diferents fenòmens de la realitat (cicle astronòmic, estacional, de les roques, de l'aigua, etc.) tenint en compte els canvis que es produeixen en un sistema, el que tenen en comú (lleis i regularitats) per tal de poder fer-ne prediccions. Durant l'exposició es va aprofundir en el funcionament del cicle natural de l'aigua partint de situacions o preguntes properes i quotidianes que condueixen a pensar en el conjunt del sistema (magatzems d'aigua, processos de canvi i de funcionament). També es va facilitar una lectura de l'article: “*Márquez, C. (2005). Treballar el cicle de l'aigua des de la perspectiva dels models explicatius. Perspectiva Escolar 292, 26-34*”.

La **darrera sessió**, de dues hores de durada, es va centrar en la qüestió del cicle urbà de l'aigua. La professora i la investigadora van introduir nous continguts sobre el funcionament del cicle urbà de l'aigua (visualització audiovisual), es van avaluar les representacions inicials utilitzant un instrument d'avaluació, es van comparar els resultats de les representacions del grup (analitzades prèviament per l'equip investigador) amb les representacions de l'alumnat de primària (fent ús de gràfiques, estadístiques i xarxes sistèmiques). Finalment, els estudiants van respondre a un qüestionari metareflexiu sobre el procés d'aprenentatge (figura 24 i 39).

Figura 41. Imatges de les dades recollides i de l'organització de la sessió




Un any més tard, durant el mes de febrer de 2014, es va enviar una **enquesta online** (Figura 42) a tots els estudiants que l'any anterior havien estat matriculats a l'assignatura. L'objectiu és analitzar les reflexions sobre els records que han perdurat en la memòria dels estudiants en relació a les sessions sobre l'aigua i la seva contribució al seu procés d'aprenentatge.

Figura 42. Exemple de la visualització d'una pregunta del qüestionari online

Recordant les classes del cicle de l'aigua de 3er

* Necessari

Reflexionant sobre algunes de les activitats realitzades
 En una de les activitats es va representar el cicle natural i urbà de l'aigua a partir de la següent imatge i posteriorment, vàreu avaluar les representacions dels companys/es mitjançant uns criteris d'avaluació:



2. Valora de l'1 al 10 l'interès d'avaluar les representacions dels teus companys: *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

gens interessant ●●●●●●●●●● molt interessant

3. Dona'ns almenys dues raons sobre la teva valoració: *

« Errere Continua »

3.6 ANÀLISI DE DADES

En aquest apartat s'exposa com s'ha dut a terme l'anàlisi del conjunt de dades obtingudes amb els diferents qüestionaris. En primer lloc, es descriu el sistema de categories i codis utilitzats per analitzar les dades. A continuació s'explica com s'ha dut a terme el procés d'anàlisi de dades per a cada objectiu de la recerca i en darrer terme, com s'ha dut a terme la validació del procés.

3.6.1 Sistema de categories i codis utilitzat

El sistema de categories utilitzat s'ha definit tenint en compte recerques anteriors, la bibliografia consultada i la lectura de les dades. En el punt a) es presenten les categories que han permès classificar les representacions del cicle natural i urbà de l'aigua en tipologies. En el punt b) es presenten els codis que han permès identificar les característiques de les representacions. En el punt c) s'hi inclouen les categories per analitzar les argumentacions dels alumnes. En el d) es mostren les categories i codis específics dels centres d'EP (*Què recorden? i tipologia d'acció ambiental*). En el punt e) es presenten les categories i els codis específics dels estudiants del GEP (metareflexions sobre els aprenentatges).

3.6.1.1 Categories per a l'anàlisi dels dibuixos

Són les categories que han permès tipificar els models de representació del cicle natural (taula 17) i urbà de l'aigua (taula 18). En el cas del cicle natural, s'han utilitzat les categories establertes per Márquez (2002). En el cas del cicle urbà s'han definit les categories de nou tenint en compte els resultats obtinguts en recerques anteriors (Gómez-Granell & Moreno, 1989) i la lectura de les dades. També es presenta el sistema de categories utilitzat per classificar les solucions al problema ambiental que genera la fàbrica (taula 19).

Taula 17. Categories d'anàlisi de la tipologia de representació del cicle natural

Categories	Descripció
Tipus 1 o model no cíclic	No hi ha un tancament entre les entrades i les sortides d'aigua, la circulació de l'aigua queda interrompuda en algun moment.
Tipus 2 o model atmosfèric	Tanca el recorregut de l'aigua en la natura però només considera dos magatzems: l'atmosfera i l'oceà, i dos fluxos: l'evaporació i la precipitació. L'aigua inicia el seu recorregut al mar, on s'evapora, es formen els núvols i torna a ploure damunt del mar.
Tipus 3 o model de circulació superficial	Afegeix a l'anterior la circulació superficial o el retorn de l'aigua continental a l'oceà (rius). Té en compte tres magatzems (atmosfera, escorça i oceans) i alguns dels fluxos entre aquests. L'aigua del mar, dels rius, dels llacs s'evapora, es formen els núvols, plou a les muntanyes, es formen els rius i aquests van cap al mar.
Tipus 4 o model de circulació subterrània	Afegeix l'aigua subterrània i la seva circulació, però no mostra el procés d'infiltració de l'aigua. L'aigua del mar, dels rius i dels llacs s'evapora, es formen els núvols, plou, hi ha circulació superficial (els rius circulen cap al mar) i una part de l'aigua circula subterràniament fins arribar també al mar.
Tipus 5 o model d'aigua subterrània com a una reserva independent	Representació de l'aigua subterrània com una bossa o un llac d'aigua sota terra, sense mostrar cap relació amb la resta de l'aigua que circula per la natura. Pot mostrar el procés d'infiltració però no com l'aigua es reincorpora de nou al cicle hidrològic.
Tipus 6 o model integrador	A més de mostrar l'aquífer i la circulació subterrània, mostren el procés d'infiltració pel qual l'aigua superficial passa a ser subterrània i com aquesta arriba al mar.

Font: Márquez (2002)

Taula 18. Categories d'anàlisi de la tipologia de representació del cicle urbà

Categories	Descripció
Tipus 1 o model no cíclic	No hi ha un tancament entre les entrades i les sortides d'aigua, la circulació de l'aigua queda interrompuda en algun moment.
Tipus 2 o model transport de l'aigua	S'identifica el punt de captació de l'aigua i un punt on l'aigua es retorna al medi (model cíclic) però només es representa el transport de l'aigua.
Tipus 3 o model transport i només una instal·lació de tractament	Afegeix a l'anterior la representació d'una instal·lació pel tractament de l'aigua abans o després del consum de l'aigua.
Tipus 4 o model tractament de l'aigua abans i després del consum	Afegeix a l'anterior la idea que l'aigua cal tractar-la abans i després del seu consum encara que les instal·lacions no estiguin ben ubicades o sigui una única instal·lació que realitza les dues funcions.
Tipus 5 o model potabilització i depuració	Diferencia clarament entre el procés de potabilització i depuració i les instal·lacions s'ubiquen correctament. També s'identifica clarament el punt de captació de l'aigua que serà potabilitzada i el transport de l'aigua.
Tipus 6 o model abastament, sanejament i el consum energètic	Afegeix a l'anterior l'emmagatzament de l'aigua (dipòsits elevats) i les necessitats energètiques del cicle urbà de l'aigua: cal energia per bombejar l'aigua cap als dipòsits elevats i cal energia per potabilitzar-la, depurar-la i reutilitzar-la.

Font: elaboració pròpia

Taula 19. Categories d'anàlisi de la tipologia de solució al problema de la fàbrica

Categories	Descripció
Tipus 1 o no fan res	No es resol el problema dels abocaments de la fàbrica o es permet que es continui abocant.
Tipus 2 o eliminen la fàbrica/canvien de lloc	Es planteja tancar la fàbrica, canviar-ne d'ús o bé quan es decideix ubicar-la en un altre indret.
Tipus 3 o traslladen el problema	Es representa algun sistema d'abocament que porta els residus al mar, a un altre riu o lloc o bé quan representen un sistema emmagatzemament dels residus.
Tipus 4 o apliquen solucions tecnològiques al riu	Es preveu el tractament dels residus riu avall mitjançant la instal·lació d'una depuradora o similar.
Tipus 5 o apliquen solucions tecnològiques a la fàbrica	Es preveu un sistema de tractament a la mateixa fàbrica o els residus abocats es condueixen a una depuradora.

Font: elaboració pròpia a partir de la proposta d'Alves i Sanmartí (1994) publicat a Jorba i Sanmartí (1996)

3.6.1.2 Categories i codis per a l'anàlisi de les característiques dels cicles

Són les categories que han permès caracteritzar els cicles representants. En el cas del cicle natural, el sistema de classificació s'ha basat en el treball de Márquez (2002) que diferencia els components dinàmics del cicle (canvis de lloc, canvis d'estat, tipus de circulació i energia) dels components espacials del cicle (magatzems) i s'han adaptat alguns dels codis. En el cas del cicle urbà, s'ha creat de nou partint dels sistemes que defineixen el seu funcionament (abastament i sanejament) i de la lectura de les dades.

Taula 20. Sistema de codificació per a identificar les característiques del cicle natural

Components	Família	Categories	Codis Atlas.ti	
Components dinàmics cicle natural	Canvis d'estat	Evaporació	CN: processos evaporació marca només al mar CN: processos evaporació marca i anomena només al mar CN: processos evaporació marca, anomena i explica només al mar CN: processos evaporació només anomena CN: processos evaporació marca altres llocs CN: processos evaporació marca i anomena altres llocs	
		Condensació	CN: processos de condensació només marca CN: processos condensació marca i anomena CN: processos condensació marca, anomena i explica	
		Evapotranspiració	CN: evapotranspiració	
		Fusió/solidificació	CN: processos solidificació/fusió només dibuixa CN: processos solidificació/fusió dibuixa i explica	
		Canvis de lloc	Precipitació	CN: precipitació a llocs diversos CN: precipitació només al mar CN: precipitació només al riu CN: precipitació només a la muntanya CN: precipitació només al poble
			Infiltració	CN: Processos infiltració
			Surgència	CN: Surgència
			Circulació atmosfèrica	CN: circulació atm. amb desplaçament CN: circulació atm. sense desplaçament
			Circulació superficial	CN: Circulació superficial
			Circulació subterrània	CN: Circulació subterrània
Components espacials (dipòsits)	Energia	CN: energia del sol només dibuixa CN: energia del sol explica i dibuixa CN: no energia gravetat		
	Dipòsits atmosfèrics	CN: Dipòsits atmosfera (núvols)		
	Dipòsits continentals	Superficials	CN: dipòsits continentals superficials: rius CN: dipòsits continentals superficials: altres (no riu)	
		Subterranis	CN: dipòsits continentals subterranis: aquífer i circulació CN: dipòsits continentals subterranis: bossa o llac	
	Dipòsits oceànics	CN: dipòsits oceànics		
	Dipòsits éssers vius	CN: dipòsits SSVV		

Font: elaboració pròpia a partir de les propostes de Márquez (2002; 2005)

Taula 21. Sistema de codificació per a identificar les característiques del cicle urbà

Sistemes del cicle urbà	Família	Categoria	Codis Atlas.ti	
Sistema d'Abastament	Captació de l'aigua		CU: captació riu CU: captació mar CU: captació aquífer CU: captació nou embassament CU: captació no evident CU: captació no	
			Potabilització	CU: potabilitza abans CU: potabilitza abans i depura després CU: preveu dessalinitzadora
		Distribució	Transport	CU: xarxa distribució completa CU: xarxa distribució incompleta CU: xarxa distribució no
			Dipòsits	CU: dipòsit explica CU: dipòsit dibuixa/explica
		Energia		CU: necessitats energètiques (mareomotriu) CU: necessitats energètiques (bomba o gravetat)
Sistema de sanejament	Clavegueram		CU: xarxa clavegueram SI CU: xarxa clavegueram NO	
	Dipòsit retenció aigua pluvial		CU: dipòsit pluvial	
	Depuració		CU: depuradora abans del poble CU: depuradora després del poble CU: depuradora abans i després del poble CU: depuradora única que tanca el cicle urbà CU: potabilitza abans i depura després	
	Reutilització de l'aigua residual		CU: reutilització	

Font: elaboració pròpia

3.6.1.3 Categories per a l'anàlisi dels escrits argumentatius

Són les categories que han permès classificar els arguments escrits per l'alumnat sobre els motius que expliquen la importància de fer un ús sostenible de l'aigua. Aquestes estan organitzades segons la complexitat dels escrits. Sent els primers nivells els més descriptius i simples i els darrers, els que aprofundeixen en les principals causes i conseqüències que justifiquen la importància de l'estalvi de l'aigua. Aquesta proposta de categories s'ha elaborat a partir de les dades obtingudes en l'alumnat de primària.

Taula 22. Tipologies d'argumentació

Categoria	Descripció	Exemple
Tipus 1: Arguments que fan referència a l'enunciat	Repeteixen o inclouen les mateixes idees de l'enunciat de la pregunta i els que anomenen accions proambientals sense explicar-ne les raons.	1.4.1.b.1 <i>“Has d'estalviar, aquí fa 4 mesos que no plou, has d'anar amb cuidado”</i> .
Tipus 2: Arguments descriptius de fets o conseqüències	Descriuen la situació d'una manera general o destacant que l'aigua és important per viure (sense aprofundir en les raons), exposen alguna conseqüència de la manca d'aigua però estereotipada (l'aigua s'acabarà, ens moriríem de set ...) o inclouen fets que no estan directament relacionats amb la pregunta (cal estalviar perquè hi ha gent que no en té).	3.4.15 <i>“Doncs que l'aigua es molt important, perquè sinó, no podríem viure. També, la necessitem perquè les plantes puguin créixer. L'aigua també és important per els nostres usos, i per això hem de fer un bon us”</i> .
Tipus 3: Arguments explicatius de causes simples o molt lineals	Són els que inclouen, implícitament o explícitament, alguna causa que explica la importància de l'estalvi de l'aigua, com per exemple, la idea de malgastar (malgastar, gastar massa, tirar, estalviar...) que es pot relacionar amb alguna conseqüència de caràcter més simple, lineal o general ("per què ens podem quedar sense", "perquè la necessitem per viure ", "que et podria passar a tu"...). També s'hi inclouen explicacions que exposen idees errònies ("perquè l'aigua ve del riu o mars i si s'acaba...").	1.4. 19.B.1 <i>“Que l'aigua no es malgasta perquè si ho fem ens quedarem sense aigua i no ens podríem dutxar”</i> .
Tipus 4: Arguments explicatius de causes més complexes	Afegeix a l'anterior que el discurs sobre les causes i conseqüències que expliquen la importància de fer un ús més sostenible de l'aigua és més elaborat i inclou més idees i que aquestes no són errònies. Com per exemple: la idea de reserves d'aigua o de que l'aigua és limitada, que l'aigua costa d'aconseguir, l'elevat nombre de població, la importància de la conservació de l'ambient o l'ecosistema.	1.6.14.B.1 <i>“Que sense l'aigua no podríem viure, i per això és important estalviar-la. Si no l'estalviem, algun dia en quedarà poqueta i hi haurà sequera i estarem en circumstàncies dolentes.”</i>
Tipus 5: Arguments justificatius	Aprofundeix en justificar les causes del perquè l'aigua és un recurs escàs que cal conservar. Per exemple, fan referència: al clima, el canvi climàtic, la meteorologia, el cicle de l'aigua, la quantitat de gent, la disponibilitat de l'aigua dolça, les dificultats de depurar (menys aigua, més bruta, més dificultats, la visió de futur.	1.6.18.B.1 <i>“L'aigua és necessària per viure, si no plou els rius es queden amb poca aigua i nosaltres seguim utilitzant-la i embrutem més aigua de la que hi ha i al final podríem quedar-nos sense, només amb aigua salada”</i> .

Font: elaboració pròpia

3.6.1.4 Categories i codis per l'anàlisi dels records i l'acció proambiental (EP)

A la taula següent es presenten els codis utilitzats per classificar la pregunta que fa referència als records de l'alumnat en relació als projectes o unitat didàctica sobre l'aigua (Taula 23) que han estat agrupats en tres grans tipologies de records: sobre les *activitats externes* o les realitzades fora de l'escola (visites) o que són conduïdes per persones externes al centre (tallers d'EA); sobre les *activitats realitzades a l'escola* i; sobre *continguts i aprenentatges* relacionats amb l'aigua.

Taula 23. Sistema de codificació dels records

Tipologia de records	Grups de codis	Codis Atlas.ti
Activitats externes		QR:ACT:FORAEXT:Museu de l'aigua
		QR:ACT:FORAEXT:Depuradora
		QR:ACT:FORAEXT:Gotagotham
		QR:ACT:FORAEXT:Conte (Pictoescriptura)
		QR:ACT:FORAEXT:Jocs
		QR:ACT:FORAEXT:Xerrada
		QR:ACT:FORAEXT:Excursions
		QR:ACT:FORAEXT:CRAM
		QR:ACT:FORAEXT:Museu Terrassa
		QR:ACT:FORAEXT:Molí Paperer
	QR:ACT:FORAEXT:Altres	
Activitats realitzades a l'escola	Activitats experimentals	QR:ACT:experiment densitat
		QR:ACT:experiment canvi d'estats/ estats
		QR:ACT:experiment sense especificar
		QR:ACT:experiment filtració
		QR:ACT:experiment plantes
		QR:ACT:altres experiment
	Altres activitats	QR:ACT:Dia i festa de l'aigua
		QR:ACT:Dites, poemes i danses
		QR:ACT:Jocs
		QR:ACT:Accions ambientals
		QR:ACT:Activitats "més escolars"
		QR:ACT:Activitats d'intercanvi
		QR:ACT:Maqueta
		QR:ACT:Vídeos
		QR:ACT:Guerra d'aigua
		QR:ACT:Capsa del futur
		QR:ACT:Dibuix del cicle de l'aigua
		QR:ACT:Portar mostres aigua/ fotos d'aigua
		QR:ACT:Mapes conceptuals
		QR:ACT:Robots
QR:ACT:Altres		
Continguts i aprenentatges	Cicle natural i característiques de l'aigua	QR:COiAPRE:Cicle de l'aigua
		QR:COiAPRE:Propietats/Característiques aigua
		QR:COiAPRE:Estats/CanvisEstat
		QR:COiAPRE:CursRiu/PartsRiu
		QR:COiAPRE:Aigua i éssers vius
		QR:COiAPRE:Fonts naturals
	Cicle urbà de l'aigua	QR:COiAPRE:Distribució d'aigua a la Terra
		QR:COiAPRE:tractaments de l'aigua
		QR:COiAPRE:estalvi i usos de l'aigua
	Altres	QR:COiAPRE:Captació
		QR:COiAPRE:Transport
		QR:COiAPRE:Tanzània
Altres		QR:COiAPRE:Altres
		QR:blanc/no recorden
		QR:altres

Font: elaboració pròpia a partir de les respostes del qüestionari

A continuació es presenten els codis utilitzats per classificar les accions proambientals citades per l'alumnat (Taula 24) agrupades també en tres grans tipologies d'accions: *actituds d'estalvi*, de *reutilització* i de *prevenció de la contaminació*. El sistema de codis també s'ha definit a partir de les respostes de l'alumnat.

Taula 24. Sistema de codificació de l'acció proambiental

Tipologia d'actitud	Grup de codis	Codis Atlas.ti
Actituds de reducció del consum	Actituds no exemplificades	AA:EstalviGeneral
	En usos personals	AA:ESTALVI:tancar aixeta
		AA:ESTALVI:dutxa/banyera
		AA:ESTALVI:vàter
	En altres usos domèstics	AA:ESTALVI:ús racional (beure)
AA:ESTALVI:rentar plats a mà		
AA:ESTALVI:rentar plats a màquina		
AA:ESTALVI:rentadora		
En usos lúdics	AA:ESTALVI:ús regadora/rec	
	AA:ESTALVI:no jugar	
Mitjançant ginys	AA:ESTALVI:bossa dipòsit	
	AA:ESTALVI:reguladors cabal/airejadors	
Actitud de reutilització	AA:Reutilització:aigües pluvials	
	AA:Reutilització:recollida aigua sobrant	
Actitud de prevenció de la contaminació	AA:Nocontaminació:no llençar residus sòlids	
	AA:Nocontaminació:no llençar oli/restes menjar	
	AA:Nocontaminació:no llençar medicaments	
	AA:Nocontaminació:utilitzar menys sabó	
	AA:Nocontaminació:que les fàbriques no contaminin/no estiguin a prop dels rius	
Altres	AA:Nocontaminació:no embrutar en general	
	AA:Altres:piscina	
	AA:Fonts decoratives	
	AA:cap consell	

Font: elaboració pròpia

3.6.1.5 Categories i codis per l'anàlisi de les metareflexions (GEP)

El sistema de categories que s'han utilitzat per analitzar els qüestionaris metareflexius han estat agrupats en tres dimensions: la *dimensió conceptual* és la que inclou referències a coneixements específics de cada cicle o bé referències a continguts de caràcter més global; la *dimensió didàctica* és la que inclou referències a les funcions de les activitats de la coavaluació i de conèixer els resultats de la recerca i; la *dimensió actitud professional* inclou reflexions sobre actituds futures de cara a desenvolupar una professió docent amb més qualitat.

Taula 25. Categories d'anàlisi de les metareflexions escrites en els qüestionaris

Dimensió	Família	Categories	Codis Atlas.ti
Dimensió conceptual	Aprendre sobre el cicle urbà	Tractaments	QR: tractaments*
		Captació i/o distribució	QHM: tractaments**
			QR:captació/distribució
		Contaminació	QHM: captació/distribució
Dimensió didàctica	Aprendre sobre el cicle natural	Energia	QHM: necessitats energètiques
		Cicle urbà (general)	QR: cicle urbà QHM: cicle urbà
	Aprendre sobre el cicle de l'aigua globalment	Circulació subterrània	QR: aigües/circulació subterrània QHM: aigües/circulació subterrània
		Magatzems d'aigua	QR: magatzems d'aigua QR: aigua als éssers vius
		Estats/canvis d'estat/canvis de lloc	QR: Estats/canvis d'estat/Processos/CanvisLloc
		Circulació superficial Cicle natural (general)	QR: circulació superficial QR: cicle natural
	Funció de la coavaluació	Organitzar millor la representació	QR: idea cicle (continuitat) QHM: millorar representació/organització
		Relacionar els dos cicles	QR: relacionar els dos cicles QHM: relacionar els dos cicles
		Identificar els propis coneixements	CoA: aplicar/identificar els propis coneixements
	Funció de conèixer els resultats de la recerca	Conèixer la diversitat de concepcions	CoA: conèixer diversitat concepcions/maneres de representar
Identificar coneixements i dificultats		CoA: conèixer què saben/dificultats companys QR: les dificultats en completar cicle sencer	
Comparar i aprendre		CoA: comparar amb els companys per millorar/aprendre CoA: eina per aprendre	
Aprendre a avaluar i aplicar-la a l'aula		CoA: eina per aprendre a avaluar CoA: eina per aprendre i aplicar-la a la futura tasca docent	
Dimensió actitud professional	Valor de la formació contínua	PRR: conèixer concepcions alternatives QR: Reconèixer idees prèvies/alternatives PRR: comparar els nostres coneixements amb els de primària PRR: comparar per veure dificultats o concepcions que perduren PRR: reconèixer què hem de millorar/regular coneixements	
	Relatiu a com ensenyar	PRR: importància de la formació contínua/coneixement PRR: diagnosticar per seleccionar millor els recursos QR: seleccionar bé imatges per entendre bé el cicle de l'aigua QR: com ensenyar cicle aigua	

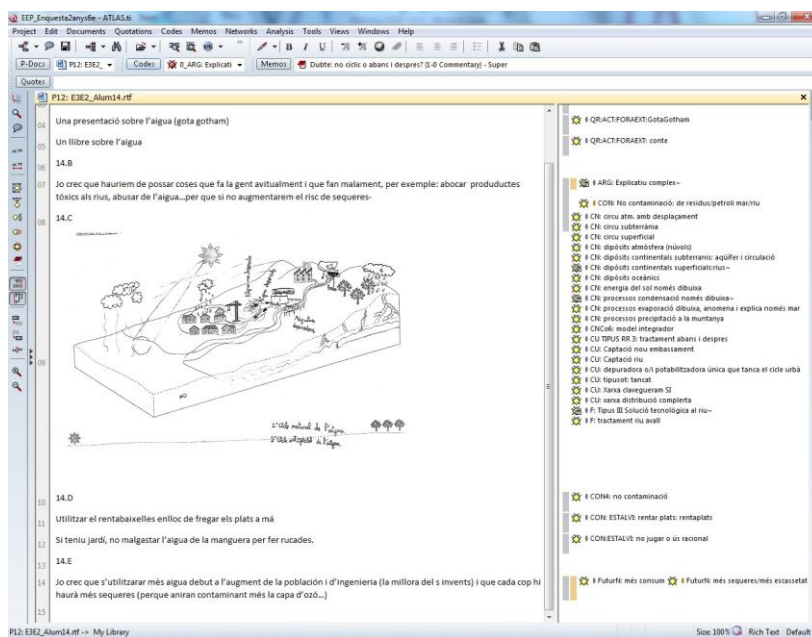
*QR: QUÈ RECORDES **QHM: QUÈ HE MILLORAT

Font: elaboració pròpia

3.7 SÍNTESI DE L'ANÀLISI DE DADES PER A CADA OBJECTIU

Per codificar les dades s'ha fet ús del programa Atlas.ti introduint el sistema de codis descrits anteriorment. Aquest programa permet revisar constantment que el procés de categorització es realitzi seguint els mateixos criteris, reduint així els possibles errors de l'anàlisi. Les dades per cada estudi de cas han estat tractades en diferents Unitats Hermenèutiques (fitxers) d'aquest programa i per aquest motiu, un cop obtinguts els resultats finals, aquestes s'han introduït en un full de càlcul per tal de poder fer l'anàlisi comparatiu. Mitjançant un procés d'interrogació de les dades i d'aplicació de la funció dels filtres s'han realitzat l'anàlisi final de les dades.

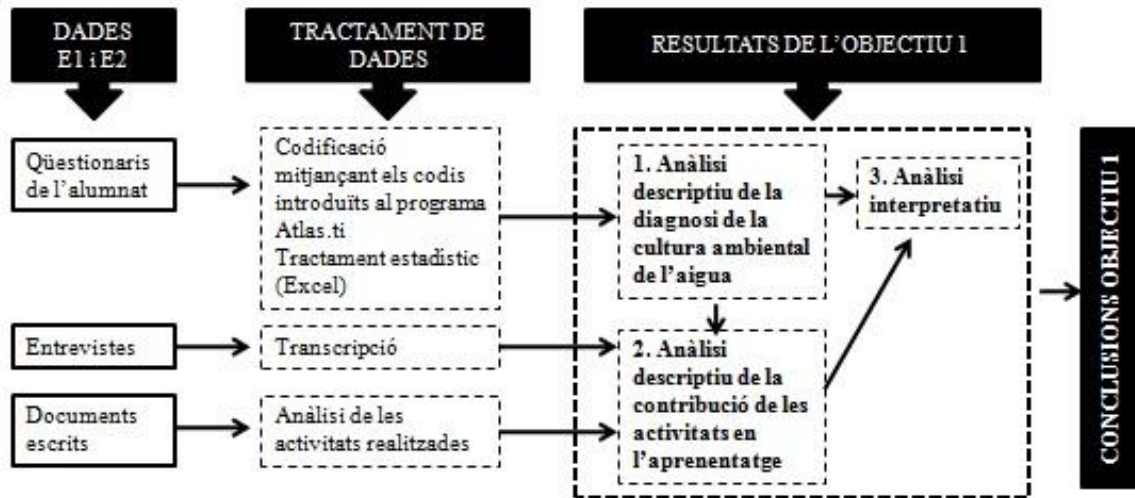
Figura 43. Exemple del procés de codificació amb l'Atlas.ti (cas cycle natural) i Excel



	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	TIPOLOGIES DE CICLE URBÀ REPRESENTADES															
2																
3	FREQUÈNCIES ABSOLUTES															
4																
5	Tipologies de representació del cicle urbà	E14	E15	E16	E24A	E24B	E25A	E25B	E26A	E26B	E34i	E34d	E35_gp1 any	E36_gp2	E34	E36
6	No el dibuixen	6	4	12	0	0	3	2	3	0	0	0	0	0	1	10
7	Model no cíclic	7	9	2	3	1,6	1,3	7	8	3	22	4	8	1	11	10
8	Model transport de l'aigua	0	5	1	1	2	1	1	4	4	0	0	1	2	4	0
9	Model transport i un tractament	1	1	3	6	3	5	11	7	10	0	1	8	7	3	0
10	Model tractament abans i després	2	0	0	9	1	1	4	2	2	3	3	6	10	2	1
11	Model potabilització i depuració	5	1	1	2	1	0	0	0	0	0	15	1	2	0	0
12	Model abastament i sanejament	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
13	nº alumnes del grup	21	20	19	22	23	23	25	24	19	25	25	25	22	21	21
14	Desviació típica (tipologies graduades)	0,66	0,34	0,62	0,41	0,31	0,25	0,30	0,28	0,25	0,26	0,46	0,39		0,28	0,44
15																
16																

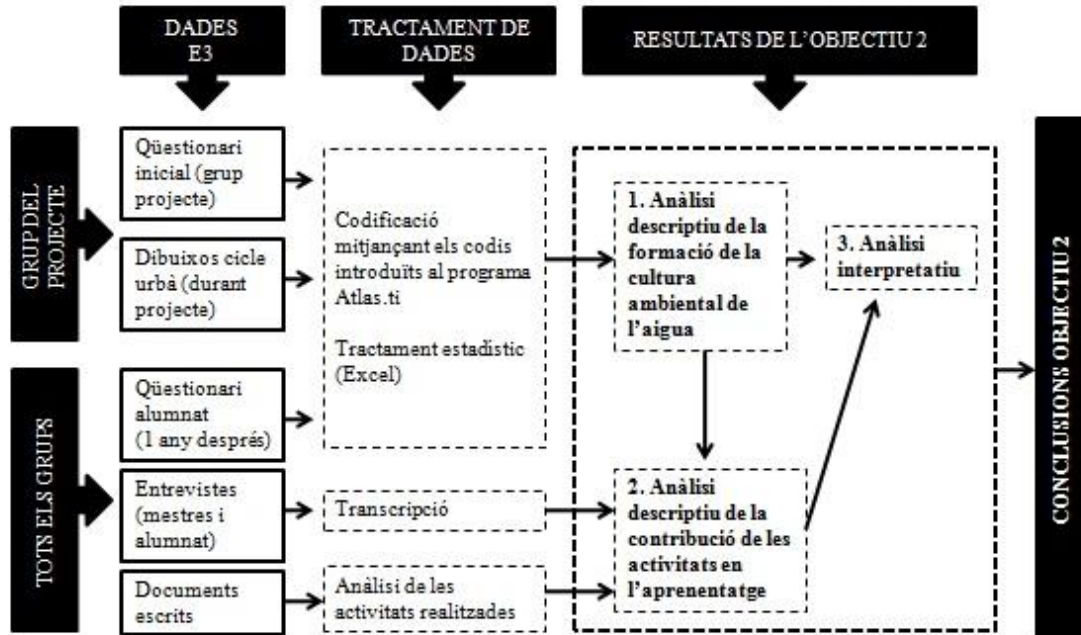
A continuació es sintetitza com s'ha dut a terme el procés de codificació i d'anàlisi de les dades per cada objectiu de la recerca.

3.7.1 Síntesi del procés metodològic de l'objectiu 1



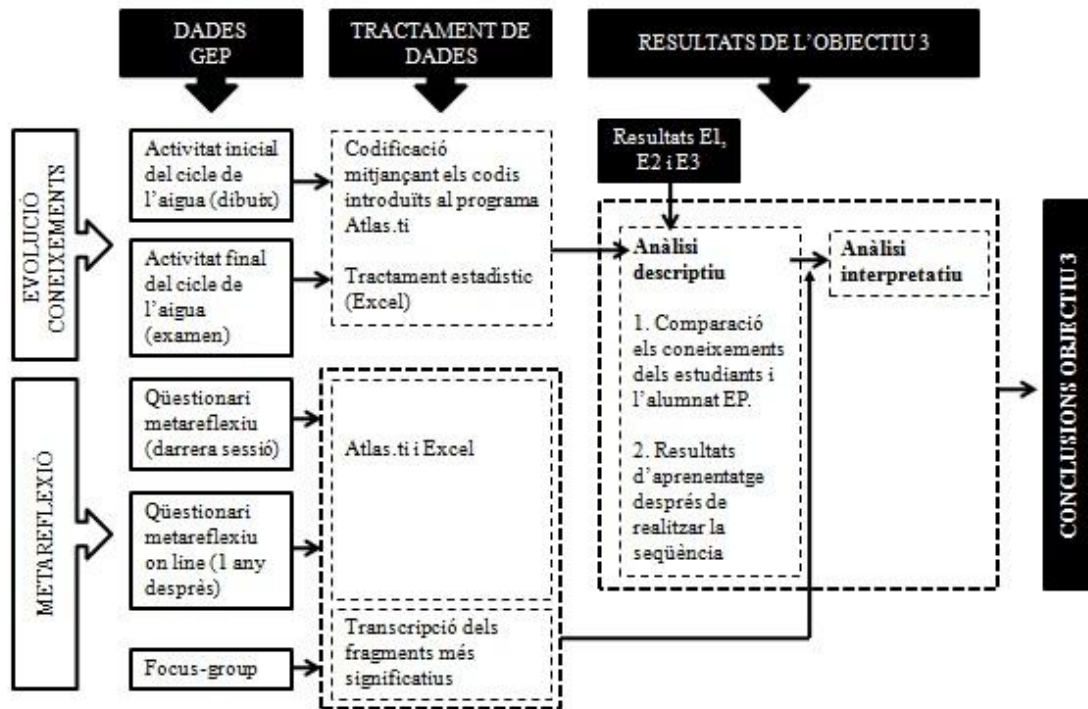
Font: elaboració pròpia

3.7.2 Síntesi del procés metodològic de l'objectiu 2



Font: elaboració pròpia

3.7.3 Síntesi del procés metodològic de l'objectiu 3



Font: elaboració pròpia

3.8 VALIDACIÓ DE L'ANÀLISI I ALTRES CONSIDERACIONS

3.8.1 Triangulació entre investigadores

En el cas del cicle natural, els criteris d'avaluació ja havien estat validats prèviament en d'altres investigacions i només s'ha realitzat una triangulació en aquells casos on l'aplicació del criteri no era clara.

Per exemple, durant el procés de categorització, s'ha dut a terme una triangulació per a classificar aquelles representacions que presentaven ambigüitats alhora de mostrar un tancament entre les entrades i les sortides, és a dir, un tancament implícit. A les figures següents es mostren dues representacions que aplicant els criteris estrictament, haguessin estat classificades com a "models no cíclics" malgrat les evidents diferències.

Figura 44. Representació no cíclica categoritzada com a model no cíclic (E14 alumne 15)

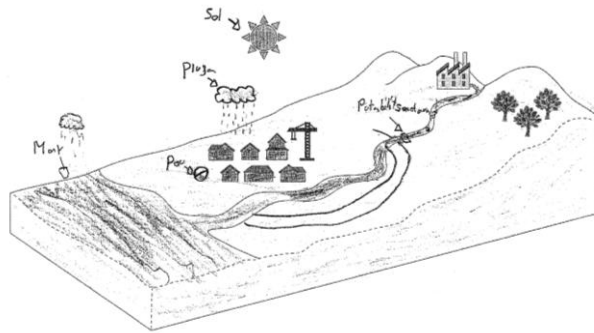
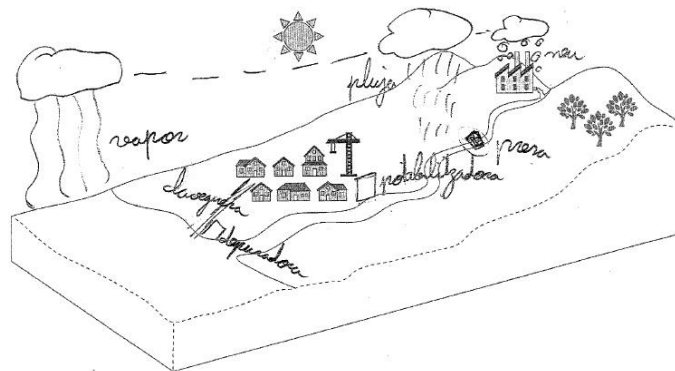


Figura 45. Representació cíclica-implícita categoritzada com a superficial (E14 alumne 9)



La triangulació ha permès establir el següent criteri per decidir en quins casos es pot considerar que l'alumnat ha representat models cíclics-implícits: *quan l'alumnat no dibuixa explícitament el tancament del cicle (fent ús de fletxes o per mitjà d'un text escrit) però situa la pluja sobre el riu o arran del sol, resalta el riu o en dibuixa un i representa la circulació atmosfèrica mitjançant fletxes, es pot considerar que està representant un model cíclic de manera implícita*. En tots aquests casos on s'ha aplicat aquest criteri, les representacions han estat finalment categoritzades com a “models de superficials”.

En el cas del cicle urbà, també es va realitzar una triangulació entre investigadores i en el procés es va identificar la necessitat de refinar l'instrument d'anàlisi per incloure noves categories. Per exemple, es va incloure una nova categoria que incloïa la idea de tractar l'aigua abans i després del consum però en una mateixa instal·lació. A més a més, també s'ha consultat a persones expertes en l'àmbit de la gestió de l'aigua i a mestres formadores en ciències³⁶. La informació aportada per aquestes persones ha estat

36 S'ha entrevistat al Sr. Antonio Palacios tècnic de l'Àrea Metropolitana de Barcelona i s'ha presentat l'activitat del cicle de l'aigua i els criteris d'avaluació a un grup de mestres del Grup de Treball de Ciències a Infantil i Primària de l'ICE-UAB.

d'interès per revisar i elaborar el llistat de categories definitives per a l'avaluació de les representacions del cicle urbà de l'aigua. Aquest és el motiu pel qual els criteris que han utilitzat els estudiants a l'activitat de coavaluació són lleugerament diferents als presentats en aquesta memòria.

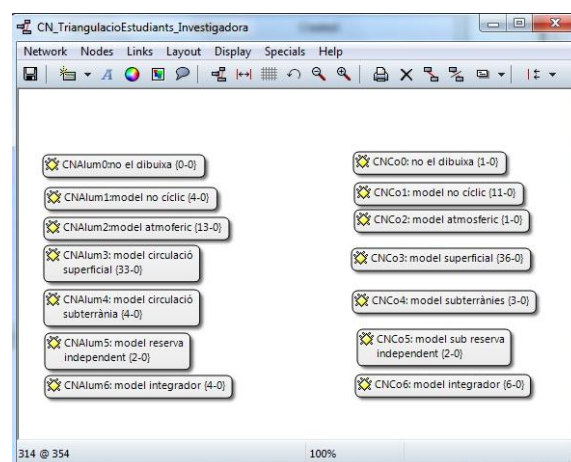
3.8.2 Triangulació de dades

Tot i que els criteris d'avaluació del cicle natural ja havien estat validats prèviament, s'ha dut a terme una triangulació de dades per analitzar com els estudiants han aplicat aquests criteris i per identificar si els resultats de l'avaluació feta per part de la investigadora era coincident o no amb la dels estudiants. A partir de les graelles de la coavaluació del cicle natural de l'aigua (GEP) s'han triangulat les dades dels resultats de l'avaluació dels estudiants amb els de la investigadora.

Els resultats de la triangulació (Figura 46), mostren que la majoria de dades han estat coincidents fet que indica que la majoria estudiants i la investigadora han aplicat correctament els criteris d'avaluació. Els casos on s'han detectat dissonàncies, s'han pogut explicar per una clara aplicació incorrecta d'alguns dels criteris per part dels estudiants ja que s'han detectat dos tipologies d'error:

- S'han avaluat representacions no cícliques com a representacions atmosfèriques: aplicació errònia possiblement derivada de una lectura parcial de la descripció de la tipologia
- S'han avaluat representacions no cícliques però amb precipitació a les muntanyes com a representacions del model superficial: possiblement perquè donaven per fet que el company/a implícitament representava un cicle tancat (encara que no ho expliqués o dibuixés amb fletxes)

Figura 46. Comparació del models de cicle natural identificats pels estudiants (columna esquerra) i per la investigadora (columna dreta)



3.8.3 Aportacions d'altres membres de la comunitat universitària

Els diferents resultats d'aquesta part de la investigació han estat presentats a diferents a congressos, publicats a les seves actes i en revistes especialitzades (Castelltort, Márquez, & Sanmartí, 2013; Castelltort et al., 2014; Castelltort & Sanmartí, 2012, 2013a, 2013b, 2013c, 2013d, 2014; 2015) fet que ha permès dur a terme un anàlisi més progressiu i compartit amb altres membres de la comunitat investigadora.

3.8.4 Altres consideracions d'interès

En el cas de la formació inicial de mestres, tot i que només es va fer un seguiment del grup 41, cal destacar que l'activitat de la representació del cicle natural i urbà de l'aigua i la seva coavaluació mitjançant els criteris es va dur a terme simultàniament en tres grups més. En aquest treball no s'analitzen les dades ja que no es va dedicar ni el mateix temps ni es van poder realitzar en tots els casos les mateixes activitats.

També cal afegir que en els cursos posteriors, aquesta activitat ha continuat format part del desenvolupament de l'assignatura de Didàctica de les Ciències Experimentals amb la incorporació de noves preguntes i propostes per ajudar a millorar més els aprenentatges dels futurs mestres.

I finalment, destacar que es van recollir i analitzar totes les respostes de la preguntes del qüestionari final que feia referència a la valoració del recurs de l'audiovisual. Aquesta informació, es va fer arribar a les persones responsables de l'actualització del material (Agbar i LaVola) juntament amb un text amb l'anàlisi escrit per la doctoranda i la seva directora. Un any més tard, l'audiovisual ha estat reeditat tenint en compte algunes de les consideracions explicitades.

3.9 ÉTICA I BONES PRÀCTIQUES APLICADES A LA RECERCA

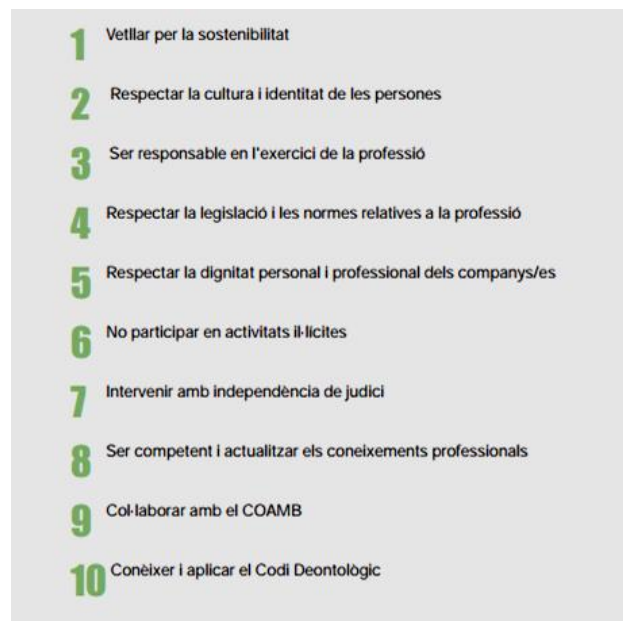
Tenir cura dels aspectes ètics i de les bones pràctiques a la recerca han estat un dels eixos que han guiat el desenvolupament d'aquest treball, des dels seus inicis fins al final. En aquest apartat, es pretén recollir breument les accions realitzades amb l'objectiu de fer-les visibles ja que totes elles han estat imprescindibles per donar coherència a la recerca i per afavorir uns vincles positius i horitzontals entre els centres educatius que hi han col·laborat i que l'han fet possible.

Tenir en compte les consideracions ètiques també implica documentar-se. Les obres sobre metodologies d'investigació en el camp de les ciències socials i l'educació les recullen però també els codis de conducta de les universitats i centres de recerca o els codis deontològics de les professions. En aquest treball s'han tingut en compte les propostes plantejades en el Codi de Bones Pràctiques en la Recerca (UAB, 2014) i en el Codi Deontològic del Col·legi Oficial d'Ambientòlegs de Catalunya (COAMB, 2007) que és un instrument que vetlla per l'ètica, la conducta i l'activitat professional.

El Codi de Bones Pràctiques en la Recerca de la UAB (2013) recull clarament la importància de tenir-les en compte en totes les fases de la recerca, com s'explicarà al llarg de les properes línies: "*Les bones pràctiques en la recerca impliquen una actitud intel·lectual que es tradueix en una actitud en la feina. Estan relacionades amb com es planifica i es desenvolupa la recerca, com es registren i es difonen els resultats i com es disseminen, s'apliquen i s'exploten els coneixements derivats de la recerca*".

El decàleg de l'ambientòleg sintetitza el contingut del codi deontològic:

Figura 47. Codi deontològic del COAMB

- 
- 1 Vetllar per la sostenibilitat
- 2 Respectar la cultura i identitat de les persones
- 3 Ser responsable en l'exercici de la professió
- 4 Respectar la legislació i les normes relatives a la professió
- 5 Respectar la dignitat personal i professional dels companys/es
- 6 No participar en activitats il·lícites
- 7 Intervenir amb independència de judici
- 8 Ser competent i actualitzar els coneixements professionals
- 9 Col·laborar amb el COAMB
- 10 Conèixer i aplicar el Codi Deontològic

Font: Codi deontològic del COAMB (2007)

3.9.1 Bones pràctiques en la planificació de la recerca

Cercar centres educatius interessats en participar en una recerca universitària no ha estat una tasca senzilla perquè la crisi econòmica ha afectat als centres a través de les retallades pressupostàries i de personal i ha fet que moltes escoles optin per seleccionar i limitar els projectes i les participacions externes.

Durant el procés de recerca de possibles escoles col·laboradores s'ha tingut especial cura en el procés d'accedir als centres, de realitzar els primers contactes d'una manera més informal per valorar les possibilitats de col·laboració abans de sol·licitar-la de manera més formal mitjançant una carta. El text d'aquesta carta (incloses a les carpetes E1, E2 i E3 de l'annex), que té en compte les recomanacions de Thomas (2009) inclou les següents idees: els objectius de la recerca; el nivell d'implicació que es demana al centre (nombre d'entrevistes o reunions estimades); els beneficis que s'esperen del treball; informació sobre confidencialitat, anonimat, ús de les dades per a la recerca i el nom de les persones que s'encarreguen de l'estudi.

3.9.2 Bones pràctiques en el desenvolupament de la recerca

Els principis generals del codi deontològic de la professió d'ambientòleg recull algunes de les idees que han fonamentat aquest treball:

- *“L'ambientòleg/loga estarà al servei de la societat. En conseqüència, en la seva activitat professional vetllarà per la sostenibilitat, a través dels actes acadèmics i/o professionals”*: la pròpia finalitat de la recerca pretén ressaltar les pràctiques educatives que es mostren més efectives per assolir els objectius de l'educació ambiental per tal de donar-les a conèixer a la societat i que s'estenguin en d'altres centres.
- *“L'ambientòleg/loga té l'obligació moral de compartir els seus coneixements per un benefici social i ambiental i per l'avenç dels coneixements dels ambientòlegs/logues i de la professió en general.”*: durant el procés de recerca s'han buscat complicitats amb altres institucions i empreses directa o indirectament implicades en el procés de recollida de dades. S'han establert contactes de caràcter informatiu però també col·laboracions on intercanviar coneixements i experiències amb: Àrea Metropolitana de Barcelona (Programa Compartim un futur); Aigües de Barcelona (Programa Educatiu); El Museu de l'Aigua (Agbar i LaVola); Programa BcnE+S (grups de mestres i equip assessors); Grup de treball de Ciències a Infantil i Primària de l'ICE de la UAB.

També cal destacar que s'han tingut molt en compte crear un vincle amb els centres educatius positiu i que s'ha concretat en les següents accions:

- Mostrar respecte absolut envers la tasca docent dels mestres i els centres.
- Valorar públicament l'acte de generositat que suposa el fet d'obrir les portes del centre a una persona externa.
- Respectar la disponibilitat “d'agenda” dels centres i el “ritme” dels centres: tenir en compte de fer peticions (d'informació, de trobades, etc.) amb prou temps d'antelació per tal que la informació arribi, sigui llegida i compartida amb la resta de professorat; donar la possibilitat d'escollir dates entre un ventall ampli per facilitar la seva organització; no “insistir” davant la no resposta.
- Concertar una trobada inicial amb el centre per explicar què es pretén fer, com i obrir la possibilitat de fer suggeriments/canvis, etc.
- Mostrar les eines de recollida de dades prèviament, oferir la possibilitat de fer esmenes o canvis per tal d'obtenir el vist-i-plau.
- Donar opció d'escollir el procés de recollida de dades (possibilitat de que les mestres “passin” el qüestionari o que ho faci la investigadora).
- Mostrar especial cura en la redacció dels documents que analitzen els resultats del centre (usar un to respectuós, seleccionar les paraules i expressions emprades) i enviar la documentació escrita al centre.

- Concertar una trobada amb el professorat per explicar el primer anàlisi dels resultats per intercanviar punts de vista, complementar la informació, matisar-la, rectificar-la o aprovar-la, etc.
- Oferir l'opció de "compensar" el temps dedicat amb la realització d'un taller, una xerrada, etc.
- Enviar una carta d'agraïment formal signada per la directora del treball.
- Comprometre's a fer un retorn de totes les publicacions que se'n derivin del treball i oferir la possibilitat d'escriure conjuntament un article/experiència.

3.9.3 Bones pràctiques en la recollida i custòdia dels materials i dades

El procés de recollida de dades s'ha fet d'acord amb CBPR-UAB seguint els principis:

- *“Els investigadors han de registrar totes les dades i les observacions que s'obtinguin de les activitats de recerca [...] de manera permanent i amb prou claredat per permetre a terceres persones de reproduir el treball fet. [...] El registre adequat i la identificació de les dades han de permetre demostrar el treball dut a terme i assegurar-ne la traçabilitat [...]”*: Les dades han estat recollides per mitjans escrits (qüestionaris, contes, dossiers) i orals (gravacions de veu, de vídeo) i també s'han dut a terme un diari de camp després de cada procés de recollida de dades als centres educatius. Sempre s'ha sol·licitat els respectius permisos.
- *“Les dades originals de la recerca (i, quan escaigui, els espècimens rellevants, les mostres, els qüestionaris originals, les gravacions, les imatges, etc.) s'han d'emmagatzemar en la forma original[...]els investigadors han d'adquirir el compromís explícit de guardar la deguda confidencialitat sobre tot allò que es pugui conèixer de les persones que participin en un projecte d'acord amb el que estableix la normativa sobre protecció de dades de caràcter personal”*: les dades han estat custodiades per a la investigadora i només han estat utilitzades per a les finalitats d'aquesta recerca. Les publicacions derivades de la recerca han estat sempre enviades amb antelació als centres per tal de tenir el seu consentiment previ.
- *“Totes les dades s'han de conservar per un període mínim de cinc anys des de la data de la publicació”*: passat aquest període es tindrà en compte de destruir-les utilitzant els mitjans més adequats per garantir la privacitat.

3.9.4 Bones pràctiques en la difusió dels resultats

El CBPR-UAB en aquest àmbit afirma clarament la importància de la difusió dels resultats: *“és un deure ètic dels investigadors entès com a contribució a l'increment i la*

millora del coneixement humà i com a part del procés de rendició de comptes de la utilització dels mitjans públics per a la recerca". I el CD-COAMB afegeix a la idea anterior la importància de contrastar els resultats abans de publicar-los així com el deure citar les fonts d'aquelles informacions que no són pròpies: *"El col·legiat/da abans de publicar o difondre descobriments científics o altres resultats procedents del seu exercici professional haurà de contrastar-los amb les entitats científiques, tècniques o professionals de reconegut prestigi i/o competents en l'àmbit concret d'actuació.*

En aquest sentit s'han dut a terme diferents accions en diferents àmbits acadèmics, educatius i d'educació no formal per compartir i contrastar els enfocaments de la recerca a partir de la comunicació dels resultats obtinguts. També cal considerar que els treballs presentats als congressos internacionals han estat sotmesos a revisors externs abans de ser admesos.

Figura 48. Relació de congressos, jornades, grups i altres

- **Assistència a congressos internacionals:** World Environmental Education Congress (Marraqueix, 2013; Goteborg 2015), Congreso Internacional de Investigación en Enseñanza de las Ciencias (Girona, 2013), European Science Education Research Association (Nicòsia, 2013).
- **Assistència a jornades de l'àmbit universitari i la recerca:** VI Jornada L'estat de la recerca en educació per a la sostenibilitat a Catalunya (Xarxa Recerca en Educació per a la Sostenibilitat, Barcelona 2012); VII Seminario de investigación en educación ambiental (CENEAM, Valsaín, 2012); XXV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales (Apice, Santiago de Compostela 2012);
- **Participació en grups de recerca:** Grup Llenguatge i Ensenyament de les Ciències (LIEC) del Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals de la UAB.
- **Participació en grups de mestres:** Grup de ciències a l'educació infantil i primària de l'ICE-UAB, Programa de formació ambiental per a professorat del Programa Agenda 21 Escolar.
- **Assistència a altres jornades:** 2000+12 Fòrum d'Educació Ambiental de la Societat Catalana d'EA (Girona, 2013), Encuentros de Estudiantes del DMCE de la UAB (Bellaterra, 2012 i 2013), I Jornades de Doctorat (UAB, 2014), III Jornades Pan-Europees d'Educació Ambiental cap a la Sostenibilitat (Barcelona, 2015).
- **Premis:** 17è Premi Albert Pérez-Bastardas, d'articles sobre medi ambient i educació ambiental de la Fundació Roca i Galés 2013 pel treball: *"Entre la realitat i la ficció: Crear contes col·lectivament per pensar en el futur de l'aigua"*
- **Altres participacions:** membre del comissariat de l'exposició d'Educació Ambiental *"Camins de Natura, Itineraris Vitals"* (Palau Robert, setembre 2015 fins gener de 2016) organitzada del per la Generalitat de Catalunya i la Societat Catalana d'Educació Ambiental i cofinançada per la Diputació de Barcelona, l'Ajuntament de Barcelona, l'Àrea Metropolitana de Barcelona i la Generalitat de Catalunya.

Al llarg del desenvolupament de la recerca també s'han anat publicant els resultats tant en les actes dels congressos assistits com en publicacions de caràcter divulgatiu de l'àmbit de l'educació formal i de l'educació ambiental.

Tot allò que s'ha escrit ha estat supervisat per la directora de tesi. També s'ha comptat amb el suport de persones expertes que a través de les seves lectures i aportacions han

enriquit el desenvolupament de la recerca. Finalment, una còpia d'aquesta memòria serà enviada a les escoles participants i serà consultable a la xarxa.

3.10 SÍNTESI

En aquest capítol s'ha explicat el desenvolupament metodològic d'aquesta recerca qualitativa. S'han presentat totes les tècniques i eines de recollida de dades utilitzades i s'ha explicat com s'ha dut a terme el procés d'anàlisi. Totes les dades han estat analitzades però no totes elles han estat incloses en els resultats que s'exposen en el proper capítol. En alguns casos això ha estat així perquè no han aportat informacions rellevants per l'objectiu del treball. En altres casos, perquè sovint en el procés de recollida de dades s'ha aprofitat per explorar nous àmbits que formarien part d'un altre treball i per aquest motiu no s'han inclòs en aquesta memòria.

4.

Resultats



4 RESULTATS

En aquest capítol es presenta l'anàlisi descriptiva i interpretativa dels resultats obtinguts per a cada objectiu plantejat i les principals conclusions.

En primer lloc es presenten els resultats de la diagnosi de la cultura ambiental de l'aigua i de les activitats que han ajudat a desenvolupar-la a les dues primeres escoles de primària (objectiu 1). En segon lloc s'inclouen els resultats de l'anàlisi de la contribució d'un projecte de curs a la formació de la cultura ambiental de l'aigua realitzat a l'E3 (objectiu 2).

En el tercer apartat, s'exposen els resultats de la diagnosi sobre el coneixement del cicle de l'aigua dels futurs mestres i s'analitza la contribució d'una seqüència didàctica en l'evolució del seu aprenentatge (objectiu 3).

En darrer lloc, es presenta una proposta mapes d'idees i de nivells de progressió per afavorir una nova cultura ambiental de l'aigua a les escoles (objectiu 4) que emergeix dels resultats obtinguts en els apartats anteriors. Aquesta eina pretén orientar el professorat en la planificació d'activitats d'ensenyament-aprenentatge que contribueixin a "trencar" amb el cicle de les dificultats identificades i no superades a l'educació obligatòria. Alhora que integren nous continguts que són necessaris per comprendre la crisi de l'aigua i desenvolupar la competència per actuar en els nois i noies a favor de la conservació dels recursos hídrics.

4.1 OBJECTIU 1: RESULTATS DE LA DIAGNOSI DE LA CULTURA AMBIENTAL DE L'AIGUA I DE LES ACTIVITATS QUE HAN AJUDAT A DESENVOLUPAR-LA

En aquest apartat es presenten els resultats de la recerca que responen a l'objectiu d'explorar la cultura ambiental de l'aigua en dues escoles de primària públiques identificades amb les sigles E1 i E2, vinculades al Programa BcnE+S i que han desenvolupat activitats educatives sobre l'aigua des d'una perspectiva científica i ambiental.

En primer lloc, es presenta una anàlisi descriptiva dels resultats de la diagnosi que s'han obtingut a partir del qüestionari principal (explicat en el capítol anterior). En segon lloc, es presenta una anàlisi descriptiva que relaciona els resultats anteriors amb les activitats realitzades i els records de l'alumnat. En aquest cas, les dades s'han obtingut del qüestionari principal, les entrevistes amb el professorat i dels materials escrits (dossier de l'alumnat). En tercer lloc, es presenta una anàlisi interpretativa de com les activitats realitzades han contribuït en els aprenentatges i les raons que expliquen les dificultats detectades. I finalment, s'argumenten les principals conclusions.

A l'annex (annex_objectiu1) es poden consultar la relació de dades analitzades (qüestionaris, relació activitats realitzades, dossiers alumnat), els articles publicats i relacionats amb aquesta part de la recerca i els informes de retorn dels resultats adreçats a les escoles.

4.1.1 Anàlisi descriptiva dels resultats sobre la diagnosi de la cultura ambiental de l'aigua

A continuació es presenten els resultats obtinguts i es descriuen els aspectes més destacats. La informació s'ha organitzat en els següents apartats: coneixements del cycle natural, coneixements del cycle urbà, coneixement d'aspectes actitudinals, posicionament en la resolució d'un problema ambiental i la capacitat d'argumentar a favor d'un ús més sostenible de l'aigua.

A. Coneixements del cycle natural

Els resultats de l'anàlisi de les representacions del cycle natural (taula 26) mostren que l'alumnat dels grups estudiats té una clara tendència a representar cycles tancats que inclouen la circulació atmosfèrica i superficial responent al model anomenat "circulació superficial" però que no té en compte l'existència de les aigües subterrànies. La il·lustració 1 és un exemple d'aquesta tipologia de representació.

Taula 26. Coneixements del cycle natural. Freqüències relatives (E1 i E2)

<i>Tipologia de representació</i>	<i>E14</i>	<i>E15</i>	<i>E16</i>	<i>E24A</i>	<i>E24B</i>	<i>E25A</i>	<i>E25B</i>	<i>E26A</i>	<i>E26B</i>
No dibuixen	24%	5%	16%	5%	0%	4%	4%	4%	5%
Model no cíclic	33%	30%	26%	14%	17%	0%	20%	8%	32%
Model atmosfèric	5%	0%	21%	0%	4%	13%	8%	8%	0%
Model superficial	38%	60%	37%	82%	70%	83%	64%	79%	53%
Model subterrànies	0%	5%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	11%
Model sub. reserva independent	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%
Model integrador	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%

Font: elaboració pròpia utilitzant la classificació proposada per Márquez (2002). Sent E14 (Escola 1 grup de 4t), E24A (Escola 2, grup de 4t classe A) i successivament.

Taula 27. Característiques de les representacions del cicle natural (E1 i E2)

Característiques	E1	E2
Realitza una representació no cíclica (cicle obert)	30%	15%
Identifica l'evaporació de l'aigua dels magatzems oceànics	60%	78%
Identifica l'evaporació de l'aigua dels magatzems continentals	2%	7%
Explica el procés de l'evaporació	20%	20%
Identifica els magatzems atmosfèrics (núvols)	68%	71%
Explica el procés de condensació	13%	7%
Representa processos de solidificació/fusió	5%	4%
Representa el procés d'infiltració de l'aigua	3%	4%
Representa surgències de l'aigua	7%	0%
Considera les aigües subterrànies	12%	4%
Identifica o explica com l'energia del sol intervé en el cicle	30%	36%
Explica com la força de la gravetat intervé en el cicle	0%	0%

Font: elaboració pròpia. Sent E1 (Escola 1) i E2 (Escola 2).

B. Coneixements del cicle urbà

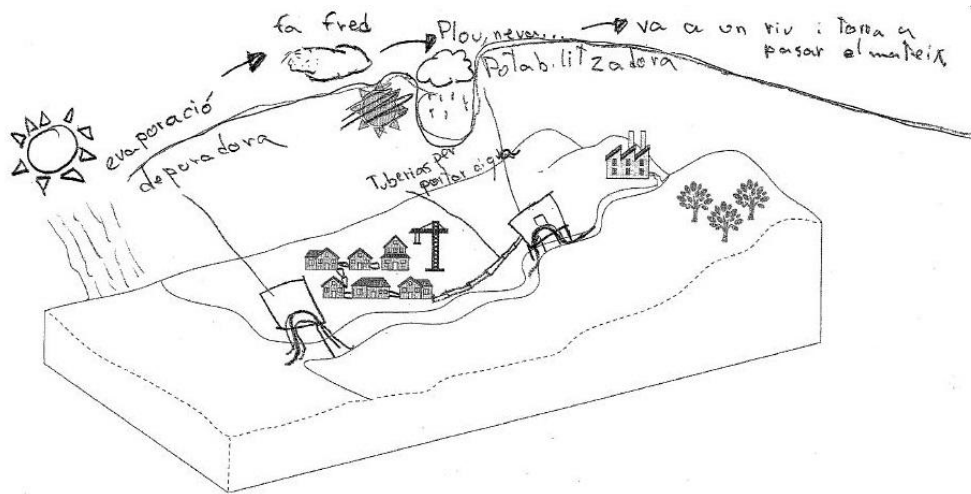
Els resultats de les representacions del cicle urbà, recollides a la Taula 28 permeten veure una gran diversitat de maneres d'explicar el funcionament del cicle urbà de l'aigua. L'alumnat identifica parts del procés però no en tots els casos mostra tenir una visió tancada del cicle (com l'exemple que es mostra a la il·lustració 2) en el que s'identifiqui la necessitat de captar l'aigua del medi i de retornar-la tenint en compte les xarxes i processos que fan possible l'abastament i el sanejament de l'aigua.

Taula 28. Coneixements del cicle urbà. Freqüències relatives (E1 i E2)

Tipologies de representació	E14	E15	E16	E24A	E24B	E25A	E25B	E26A	E26B
No el dibuixen	29%	20%	63%	0%	0%	13%	8%	13%	0%
Model no cíclic	33%	45%	11%	14%	70%	57%	28%	33%	16%
Model transport de l'aigua	0%	25%	5%	5%	9%	4%	4%	17%	21%
Model transport i un tractament	5%	5%	16%	27%	13%	22%	44%	29%	53%
Model tractament abans i després	10%	0%	0%	41%	4%	4%	16%	8%	11%
Model potabilització i depuració	24%	5%	5%	9%	4%	0%	0%	0%	0%
Model abastament i sanejament	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%

Font: elaboració pròpia utilitzant uns criteris prèviament definits per aquesta recerca. Sent E14 (Escola 1 grup de 4t), E24A (Escola 2, grup de 4t classe A) i successivament.

Il·lustració 2. Exemple d'una representació model potabilització i depuració (alumne 141)



Analitzant les característiques més específiques de les representacions obtingudes de les xarxes sistèmiques (veure annex_objectiu1) i sintetitzades a la Taula 29, s'observen algunes qüestions d'interès que es destaquen a continuació.

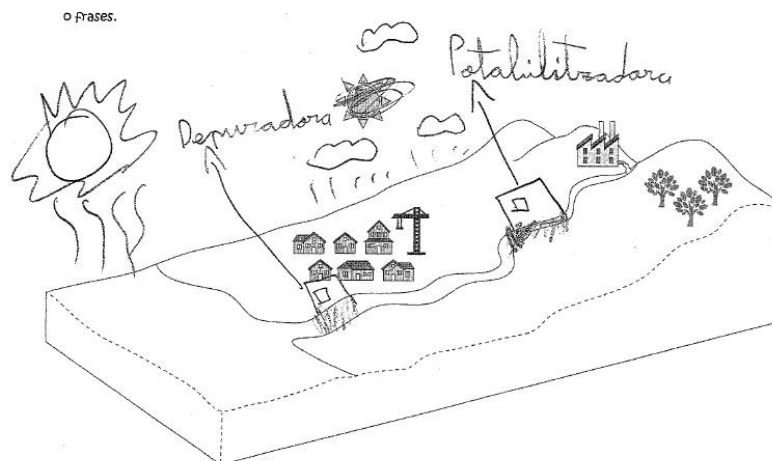
En primer lloc, aquesta anàlisi ha permès identificar que encara que l'alumnat realitzi representacions no cícliques com es mostra a la il·lustració 3, en molts casos aquestes contenen aspectes d'interès, com ara els tractaments de l'aigua. Per exemple, a l'E2 més d'un 75 % de l'alumnat (excepte el grup E26A que el percentatge és lleugerament inferior) identifica com a mínim un dels dos tractaments de l'aigua.

Taula 29. Característiques representacions cycle urbà. Freqüències relatives (E1 i E2)

Característiques del cycle urbà	E14	E15	E16	E24A	E24B	E25A	E25B	E26A	E26B
Cicle tancat	38%	35%	26%	86%	30%	30%	64%	54%	84%
Identificar algun punt de captació de l'aigua	38%	75%	32%	100%	74%	65%	72%	71%	100%
No preveure cap tractament de l'aigua	33%	65%	74%	9%	22%	26%	24%	42%	21%
Preveure un tractament de l'aigua abans o després del seu consum	10%	20%	21%	59%	70%	70%	68%	50%	58%
Identificar la necessitat de tractar l'aigua abans i després del seu consum	43%	5%	11%	32%	9%	4%	8%	4%	11%
Considerar els aspectes energètics	0%	5%	0%	23%	9%	4%	4%	8%	0%

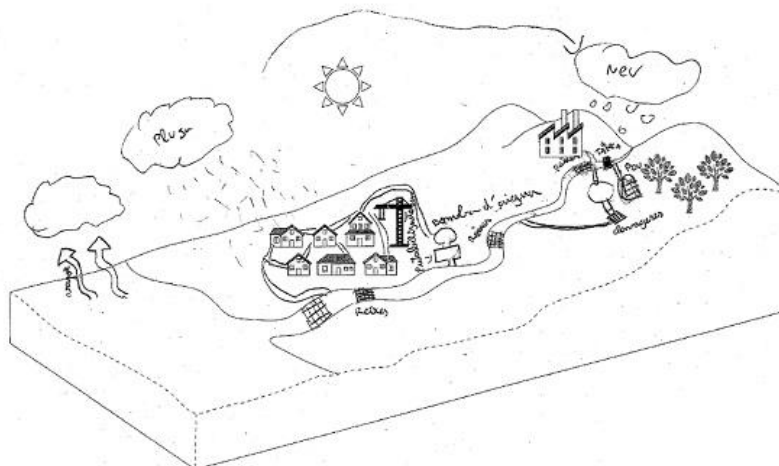
Font: elaboració pròpia. Sent E14 (Escola 1 grup de 4t), E24A (Escola 2, grup de 4t classe A) i successivament.

Il·lustració 3. Exemple representació no cíclica amb dos tractaments (alumne 1418)



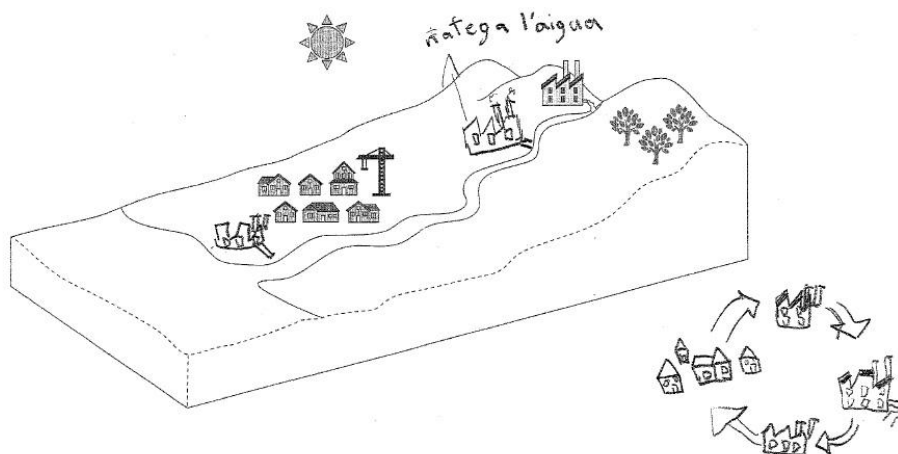
En segon lloc, els grups de 4t de les dues escoles (E14 i E24A) destaquen per tenir un nombre més gran d'alumnes que identifica la necessitat de tractar l'aigua abans i després del seu consum. En el cas del grup E14, un 43% de l'alumnat ha representat ambdós tractaments de l'aigua tot i que només la meitat d'aquests han representant un cicle tancat. I en el cas del grup E24A, un 55% de l'alumnat ha inclòs els dos tractaments i a més cal afegir que un 23% també ha inclòs alguna referència relacionada amb els aspectes energètics (dibuixen les "bombes") mentre que a la resta de grups, el percentatge és molt inferior.

Il·lustració 4. Exemple de representació que inclou el nexa aigua-energia (alumne E24A11)



En darrer lloc, els resultats també mostren la dificultat de diferenciar i ubicar correctament els dos tractaments de l'aigua (potabilització i depuració) i en menys casos, d'identificar quin és el punt de captació de l'aigua (veure il·lustració següent).

Il·lustració 5. Exemple que no diferencia els tractaments de l'aigua (alumne 1414)



C. Coneixement d'accions proambientals

El coneixement de propostes d'acció per actuar a favor d'un ús sostenible de l'aigua és un indicador de les actituds, és a dir, de la disposició a actuar dels grups estudiats. La taula 30 permet identificar que l'alumnat principalment fa referència a accions proambientals orientades a la reducció del consum d'aigua en accions molt quotidianes que responen a actituds socialment acceptades i consolidades. Per exemple: tancar l'aixeta (en rentar mans o dents, en ensabonar-se) o en limitar el temps de dutxa o dutxar-se enlloc de banyar-se. I en canvi, l'alumnat explicita pocs exemples relacionats amb accions que impliquen altres usos domèstics, la reutilització de l'aigua o la prevenció de la contaminació. I ningú no ha fet referència als usos indirectes de l'aigua.

En alguns casos s'han detectat citacions d'actituds aparentment contràries (per exemple, no utilitzar el rentaplats i rentar a mà els plats i a l'inversa) que posen de relleu l'existència de desinformació o idees errònies que amb freqüència estan presents a bona part de la societat.

Taula 30. Accions proambientals a favor d'un bon ús de l'aigua (E1 i E2)

Tipu	Accions citades per l'alumnat				% E1							% E2
		E14	E15	E16		E24A	E24B	E25A	E25B	E26A	E26B	
Actituds de reducció del consum	Tancar l'aixeta	14	14	12	38%	5	10	3	5	10	5	18%
	Estalviar en el bany	10	4	10	23%	2	5	1	4	7	1	9%
	Estalviar en el vàter	1	2	0	3%	5	1	2	1	6	2	8%
	Usar dispositius d'estalvi	1	0	0	1%	5	0	0	0	0	1	3%
	No jugar amb l'aigua	1	2	4	7%	1	1	0	4	3	2	5%
	Estalviar en altres usos domèstics	2	0	8	10%	2	3	3	1	6	2	8%
A. Reutilització	Reutilitzar l'aigua (pluja, residual)	1	0	0	1%	2	3	17	9	7	10	22%
A. Prevenició	No contaminar	1	0	0	1%	3	3	4	2	4	9	12%
	Estalviar en general	4	5	4	12%	0	4	2	1	1	2	5%
TOTAL		35	27	38		25	30	32	27	44	34	

Font: elaboració pròpia. Sent E14 (Escola 1 grup de 4t), E24A (Escola 2, grup de 4t classe A) i successivament.

A la taula 31 es mostra com es distribueix el percentatge de referències envers les diferents tipologies d'actituds: de reducció del consum, de reutilització i de prevenció de la contaminació. Els resultats també indiquen diferències importants entre els grups en relació a la freqüència de citacions d'accions orientades a la reutilització de l'aigua o a la prevenció de la contaminació. Els grups de cycle superior de l'E2 són els que presenten més citacions d'aquesta tipologia d'accions i que, com s'exposarà més endavant, s'explica per les diferents activitats realitzades.

Taula 31. Percentatge de la tipologia d'actituds proambientals esmentades (E1 i E2)

<i>Tipologia d'actituds proambientals</i>	<i>E14</i>	<i>E15</i>	<i>E16</i>	<i>E24A</i>	<i>E24B</i>	<i>E25A</i>	<i>E25B</i>	<i>E26A</i>	<i>E26B</i>
Estalvi en general	11%	19%	11%	0%	13%	6%	4%	2%	6%
Reducció del consum	83%	63%	97%	57%	57%	26%	43%	91%	37%
Reutilització de l'aigua	3%	0%	0%	6%	9%	49%	26%	20%	29%
Prevenió de la contaminació	3%	0%	0%	9%	9%	11%	6%	11%	26%

Font: elaboració pròpia. Sent E14 (Escola 1 grup de 4t), E24A (Escola 2, grup de 4t classe A) i successivament.

D. Posicionament en la resolució d'un problema ambiental

La major part de solucions al problema dels abocaments de la fàbrica, com s'observa a la Taula 32, no es plantegen des del punt de vista de la gestió dels residus en origen. Tot i que en alguns grups hi ha un percentatge molt elevat d'alumnat que no ha resolt el problema (veure il·lustracions següents), les respostes es situen entre “eliminar la fàbrica o canviar-la de lloc”, “traslladar el problema” (canalitzar els residus cap a un altre lloc, emmagatzemar-los) o bé a “aplicar solucions tecnològiques al riu” (instal·lar una depuradora).

En aquest darrer cas, es posa de manifest que a l'etapa de primària els nens i nenes encara no tenen construït el concepte d'ecosistema i probablement aquesta és la causa de no tenir en compte l'impacte de l'abocament a l'ecosistema riu fins al punt on s'ha ubicat la depuradora. Els grups de cycle superior de l'E2, destaquen per tenir més alumnat que aplica solucions a la pròpia fàbrica o en un lloc separat del riu evitant així que els abocaments impactin en l'ecosistema.

Taula 32. Tipologia de solució al problema ambiental (E1 i E2)

	<i>E14</i>	<i>E15</i>	<i>E16</i>	<i>E24A</i>	<i>E24B</i>	<i>E25A</i>	<i>E25B</i>	<i>E26A</i>	<i>E26B</i>
No fan res	29%	50%	32%	41%	35%	13%	32%	33%	42%
Eliminen la fàbrica o la canvien de lloc	19%	5%	16%	0%	17%	4%	12%	8%	11%
Traslladen el problema	10%	25%	16%	9%	9%	9%	8%	8%	11%
Apliquen solucions tecnològiques al riu	38%	15%	32%	45%	30%	61%	36%	25%	26%
Apliquen solucions tecnològiques a la fàbrica	5%	5%	5%	5%	9%	13%	12%	25%	11%

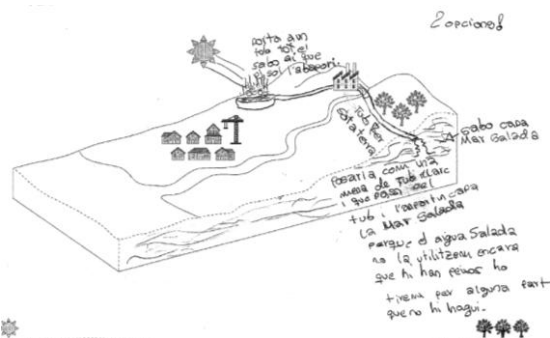
Font: elaboració pròpia utilitzant la proposta de classificació d'Alves i Sanmartí (1994) descrita a Jorba i Sanmartí (1996). Sent E14 (Escola 1 grup de 4t), E24A (Escola 2, grup de 4t classe A) i successivament.

A continuació s'exposen alguns exemples de la diversitat de solucions representades.

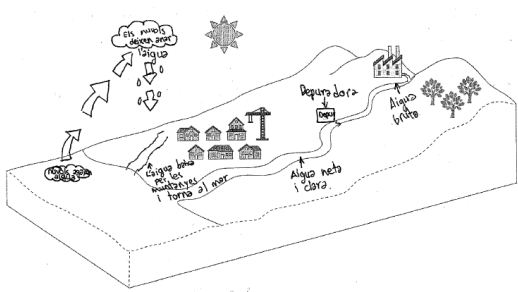
Il·lustració 6. Exemple d'eliminació o trasllat de la fàbrica (E1613)



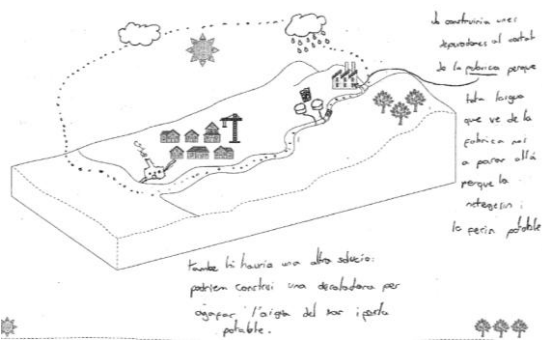
Il·lustració 7. Exemple de traslladar els abocaments a un altre indret (E1615)



Il·lustració 8. Exemple de solucions tecnològiques al riu (alumne E1602)



Il·lustració 9. Exemple de solucions a la fàbrica (E1608)



E. Capacitat d'argumentar a favor de l'ús sostenible de l'aigua

Tot i la diversitat de resultats obtinguts (Taula 33), les dades senyalen certa relació entre la capacitat d'argumentar i l'edat de l'alumnat. Per exemple, als grups de 6è de les dues escoles és on es concentra un percentatge més elevat d'alumnat que elabora arguments categoritzats com a "justificatius" ja que estan fonamentats amb el coneixement del cicle de l'aigua. Aquests resultats semblen indicar que les habilitats lingüístiques associades a l'edat juntament amb els coneixements sobre la qüestió de l'aigua poden afavorir la capacitat d'argumentar de l'alumnat.

Tanmateix la major part dels arguments han estat classificats com a descriptius o explicatius simples, fet que indica la dificultat de l'alumnat en la construcció de textos argumentatius en els que s'utilitzi els coneixements sobre la qüestió plantejada (fent referència al cicle natural o al cicle urbà) i s'aprofundeixi en les causes de fons (per exemple, "*cal estalviar aigua perquè costa molt d'aconseguir*") i no només en les conseqüències (per exemple, "*ens quedarem sense aigua*").

Taula 33. Tipologia d'arguments a favor d'un bon ús de l'aigua (E1 i E2)

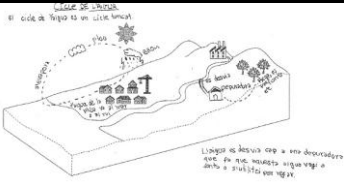
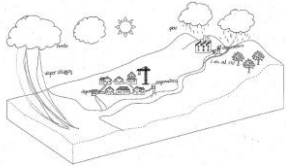
Tipologiaargumentació	E14	E15	E16	E24A	E24B	E25A	E25B	E26A	E26B
No argumenta	24%	30%	5%	0%	4%	0%	8%	17%	0%
Fa referència enunciat	5%	0%	5%	0%	9%	4%	0%	4%	0%
Descriptius	19%	25%	11%	86%	35%	48%	56%	29%	21%
Explicatius simples	33%	30%	21%	14%	48%	30%	36%	29%	47%
Explicatius complexos	14%	0%	21%	0%	4%	0%	0%	17%	11%
Justificatius	5%	15%	37%	0%	0%	17%	0%	4%	21%

Font: elaboració pròpia utilitzant uns criteris prèviament definits per aquesta recerca. Sent E14 (Escola 1 grup de 4t), E24A (Escola 2, grup de 4t classe A) i successivament.

En relacionar la tipologia d'argumentació i el cicle natural representat, s'ha detectat la relació entre la construcció d'arguments justificatius i la representació de cicles naturals de l'aigua tancats i més complets (taula 34). Per exemple, en el cas de l'E2 el 82% de l'alumnat que ha argumentat de manera justificativa, també ha representat cicles naturals tancats.

Aquestes dades són indicadores de la importància del coneixement científic per comprendre i saber explicar millor les raons que fonamenten un determinat comportament a favor de la sostenibilitat, tot i que també és conegut, com diuen Hungerford & Volk (1990), que els coneixements són necessaris però no suficients per promoure l'acció a favor de l'ambient.

Taula 34. Alumnat que justifica i realitza cicles naturals tancats (E1 i E2)

<i>Escola</i>	<i>Nº/ Nºtotal</i>	<i>%</i>	<i>Exemple argument</i>	<i>Exemple cicle natural</i>
E1	8/11	77.7%	[E1.6.12] “Aquí no plou gaire, i menys ara. Així que en qualsevol moment ens podem quedar sense aigua potable. I seria un gran problema. Estaríem anant a algun lloc on hi hagués aigua potable cada cop que ho necessitem. I aquest lloc pot estar molt lluny de la teva casa”.	 <p>Diagrama del cicle de l'aigua que mostra la pluja caient sobre un terreny amb arbres i cases, i l'aigua que s'evapora i torna a ploure.</p>
E2	7/9	82%	[E2.6A.23] “Que aquest any ha plogut poc i no hi ha molta aigua en el pantà, i si utilitzem molta aigua quan ens dutxem, un dia quan ens anem a dutxar ja no quedarà aigua i no ens podrem dutxar”.	 <p>Diagrama del cicle de l'aigua que mostra la pluja caient sobre un terreny amb arbres i cases, i l'aigua que s'evapora i torna a ploure.</p>

Font: elaboració pròpia a partir dels resultats de l'anàlisi realitzat amb el programa Atlas.ti. Sent E1.6.12 (Escola 1, grup 6è, alumne 12), E2.6A.23 (Escola 2, grup de 6èA, alumne 23).

4.1.2 Anàlisi descriptiva de la contribució de les activitats realitzades en l'aprenentatge

A continuació es presenta la relació de les activitats realitzades agrupades segons les propostes de classificació d'activitats suggerides per Cañal et al. (1993) i Sanmartí (2002). La informació ha estat obtinguda de l'anàlisi dels documents escrits i de les entrevistes amb el professorat. S'entén que aquesta classificació és una aproximació, ja que no és senzill classificar-les perquè hi ha tasques que poden ser comunes a dues categories diferents. Per exemple, en el taller del "Gota gotham" hi ha tasques en les que es fomenta la interacció entre infants i amb d'altres fonts d'informació, però globalment l'activitat posa més èmfasi a percebre indirectament fets (en aquest cas, com funciona el cicle urbà de l'aigua).

I en segon lloc, és una classificació aproximada perquè s'han recollit les activitats més rellevants (i no la totalitat de les realitzades) aplicant com a criteri, aquelles que han estat incloses en els dossiers (produccions escrites de l'alumnat) i les que han estat anomenades pel professorat a les entrevistes.

La taula també inclou el nombre d'activitats fetes (AF), el nombre d'activitat recordades (AR) i la freqüència total de records que es relacionen amb aquestes activitats (FAR). Al costat de cada activitat, s'inclou entre parèntesis la freqüència de records esmentats. Cal afegir que alguns dels records relacionats amb continguts i aprenentatges no s'han pogut relacionar de manera clara amb cap activitat i per tant, no han estat inclosos en aquesta taula. Per exemple quan l'alumnat ha fet referència a continguts o aprenentatges de manera genèrica com ara "*el cicle de l'aigua*" no s'ha pogut relacionar amb cap activitat concreta.

A l'annex es pot consultar la taula completa de les activitats realitzades a cada escola així com els dossiers de l'alumnat i les transcripcions de les entrevistes.

A. Escola 1

La taula 35 recull les activitats realitzades en el marc del projecte de curs sobre l'aigua. Tot i que la majoria d'activitats han estat realitzades per tots els grups, també n'hi ha d'altres que són específiques de cada grup-classe i que s'han inclòs a la columna corresponent.

Taula 35. Recull de la tipologia d'activitats realitzades a l'EI en relació a l'aigua

Tipologia d'activitats	Nº AF	Nº AR	F AR	Activitats E14	Activitats E15	Activitats E16
Orientades a percebre fets directament i construir-los	4	4	21	(7) Museu Agbar	(5) Museu Agbar(1) Diagnosi consum aigua a l'escola	(8) Visita depuradora Diagnosi consum domèstic
Orientades a percebre fets indirectament i construir-los	6	5	19	(7) Taller "Gota gotham" (làmines, video, maqueta) (3) Xerrades experts (conèixer millor l'aigua, Tanzània, Hidròleg) (2) Lectura manifest	(3) Taller "Gota gotham" Xerrades experts (Tanzània, Hidròleg) Lectura manifest	(4) Xerrades experts (conèixer millor l'aigua i Tanzània) Lectura manifest Comprensió notícia fangs tòxics
Orientades a construir coneixement de manera materialitzada	15	7	43	(3) Jornada de tallers i experiments (jocs de l'aigua, expressió corporal, construcció pou, maqueta cycle de l'aigua, experiments,...) (2) Murals manifest Dramatització del cycle natural de l'aigua	(17) Jornada de tallers i experiments (ídem anterior)	(9) Jornada de tallers i experiments (ídem anterior) Activitat filtració de l'aigua Elaboració còmic del dret a l'aigua (Unicef)
Orientades a construir coneixement interactuant amb els altres i altres fonts d'informació	7	4	8	Contes en el Dia Mundial Aigua (2) Manifest de l'aigua (lectura) (1) Recull comentat de notícies	Explicar contes Entrevista hidròleg	(4) Explicar contes Explicar la xerrada Tanzània a altres grups (1) Càlcul consum d'aigua a la llar Activitats on-line cycle urbà
Orientades a construir coneixement reflexionant individualment	12	4	10	Escrits reflexius d'activitats (Tanzània, "Gota gotham", Museu) (1) Escrits notícies aigua Fitxes cycle aigua(anglès) i dibuix cycle natural Explicar cycle urbà	(5)Fitxes sobre aigua i fitxes cycle natural (anglès) Cycle natural (relacionar conceptes) Explicar cycle urbà. Explicar potabilitzadora i depuradora Escrit reflexiu (Museu, contes) Autoavaluació tallers (1)Control	(3) Treballs, Autoavaluació sobre els tallers, Control medi
Orientades a l'acció ambiental	4	4	14	(7) Fotos i escrits explicatius per l'estalvi d'aigua	(2) Fotos i escrits explicatius per l'estalvi d'aigua	(5) Reflexions sobre l'ús i estalvi aigua (elaboració de cartells) Reflexió entorn el dret a l'aigua
Altres (poemes, festa...)	3	3	34	(9) Dia i festa de l'aigua; (4) poemes	(9) Dia i festa de l'aigua; (3) poemes	(10) Dia i festa de l'aigua; (9) danses

Font: elaboració pròpia a partir de les propostes de classificació d'activitats proposades per Cañal (1993) i Sanmartí (2002). Sent AF (Activitats Fetes); AR (Activitats Recordades); FAR (Freqüència Activitats Recordades)

Alguns dels aspectes més destacats de la taula anterior són els següents:

- **Les activitats orientades a percebre fets directament i a construir-los** realitzades fora de l'aula han estat molt recordades possiblement perquè responen a vivències noves per la major part de l'alumnat. Aquest és el cas de la visita al Museu de les Aigües, que ha estat una de les més anomenades, així com també la visita a la depuradora.
- **Les activitats orientades a percebre fets indirectament i a construir-los**, com per exemple, les realitzades en el marc del taller Gotha-gotham en el que s'ha fet ús de vídeos, làmines i maquetes per explicar el cicle urbà de l'aigua així com també, les xerrades d'experts i les presentacions en suport informàtic utilitzades han estat molt recordades per l'alumnat. Part d'aquests records es poden explicar pel component emocional que implica que persones familiars de l'escola participin en els projectes aportant les pròpies vivències o per l'interès que genera el fet que una educadora externa realitzi una activitat a l'aula.
- **Les activitats orientades a construir coneixement de forma materialitzada**, a partir de la realització de maquetes sobre el cicle de l'aigua, de jocs, d'activitats d'expressió corporal, murals, entre d'altres realitzades durant la jornada de tallers del projecte són les més recordades per l'alumnat. Tanmateix cal destacar que aquestes s'han desenvolupat durant 3 dies en grups interclasse, de manera que no tot l'alumnat ha tingut la possibilitat de realitzar totes les activitats. En aquest sentit és difícil determinar l'aportació d'aquestes activitats en el procés d'aprenentatge.
- **Les activitats orientades a interactuar amb altres persones i fonts d'informació** són poc esmentades per l'alumnat. Per exemple, l'activitat "*càlcul del consum d'aigua a la llar*" realitzada a 6è només ha estat recordada per un estudiant però, com s'explicarà més endavant, és una de les activitats que ha afavorit que aquest grup anomeni més diversitat d'accions d'estalvi orientades als usos domèstics.
- **Les activitats orientades a construir coneixement reflexionant individualment.** L'alumnat fa referència a records molt genèrics (fitxes, treballs...) que s'han relacionat amb els materials que es recullen en els dossiers de l'alumnat. Tot i que el grup de 4t no anomena cap d'aquestes activitats, en el seu dossier s'hi inclouen una gran diversitat d'activitats orientades a la metareflexió. Aquesta dada podria explicar part dels bons resultats d'aquest grup en les representacions dels cicles. En el cas del grup de 5è, els records relacionats amb "les fitxes" es poden relacionar amb el conjunt de fulls de treball sobre el cicle natural realitzats des de l'àrea d'anglès. En el cas del grup de 6è, els records poden estar relacionats amb el treball sobre el càlcul del consum d'aigua a la llar.

- **Les activitats orientades a l'acció ambiental** han estat força esmentades per l'alumnat fet que demostraria l'interès per les qüestions relacionades amb la cura del medi ambient. Tot i que els records han estat més vinculats amb les mesures d'estalvi de l'aigua (*no tirar coses a l'aigua, no llençar oli per la pica...*) que no pas, amb les activitats concretes realitzades. Tanmateix, els continguts dels records és coherent amb els continguts desenvolupats en les activitats orientades a l'acció ambiental realitzades.

B. Escola 2

La relació d'activitats realitzades a l'Escola 2 que s'han desenvolupat en el marc de la unitat didàctica sobre l'aigua es recullen a la taula 36. Aquestes activitats, donat que es realitzen anualment al 3er curs de primària, s'han descrit a la columna E24 encara que la resta de grups també les han dut a terme en els cursos anteriors. Mitjançant l'anàlisi dels dossiers de l'alumnat i les entrevistes s'ha comprovat que tots ells realitzessin la mateixa seqüència didàctica, tot i que s'han detectat petites modificacions any rere any.

Les activitats de la unitat didàctica de l'aigua, que parteixen de l'experiència d'unes Colònies a Castellar de N'Hug (Fonts del Llobregat), segueixen una organització que té en compte el procés d'ensenyament-aprenentatge ja que es parteix de les idees inicials de l'alumnat, es plantegen hipòtesis i experiències per a regular-les, es proposen activitats d'estructuració i de síntesi. I aquestes inclouen continguts relacionats amb el cicle natural, l'urbà i amb menys èmfasi, amb els aspectes actitudinals.

En el cas dels altres cursos de cicle superior, a la taula s'han inclòs els records de les activitats realitzades a tercer i aquelles que només han estat realitzades per aquests grups i que són d'interès per explicar alguns dels resultats obtinguts de la diagnosi de la cultura ambiental de l'aigua.

Taula 36. Recull de la tipologia d'activitats realitzades a l'E2 en relació a l'aigua

Tipologia d'activitats	Nº AF	Nº AR	FR	Activitats E24	E25	E26
Orientades a percebre fets directament i construir-los	6	3	96	(2) Museu de les aigües Visita al naixement riu Llobregat (5) Disseny i realització d'experiments (evaporació, sublimació, congelació, densitat)	(32) Museu de les aigües (3er) (32) Experiments (3er)	(2) Museu de les aigües (3er) (1) Colònies (3er) (21) Experiments (3er) La Fàbrica Sol Diagnosi embolcalls Taller Ciclus
Orientades a percebre fets indirectament i construir-los	1	0	0	Xerrada "Fem una escola més sostenible"	Taller Ciclus (residus) Taller energies renovables Conferència oceanògraf	Taller Ciclus
Orientades a construir coneixement de manera materialitzada	0	0	0			
Orientades a construir coneixement interactuant amb els altres i altres fonts d'informació	1	0	0	Cercar al diccionari conceptes relacionats amb el cicle de l'aigua		
Orientades a construir coneixement reflexionant individualment	8	*	*	Escrits reflexius de les Colònies Dibuix com neix un riu Dibuix l'interior de la muntanya (aigües subterrànies) Dibuix cicle urbà Complementar noms i descriure fases del cicle urbà i del natural Explicació dels processos (evaporació, condensació, circulació...) Mapes conceptuals Avaluació final		(1) Exàmen
Orientades a l'acció ambiental	1	*	26	Activitats per pensar en la cura de l'aigua i l'estalvi (utilitat, usos i estalvi)	Projecte d'A21E entorn 3R's residus Gestió sequera	Valorar fonts d'energia Reciclatge Gestió sequera
*records sobre continguts i aprenentatges				(21) Cicle de l'aigua (24) Continguts relacionats amb el cicle urbà de l'aigua (27) Continguts relacionats amb els canvis d'estat i propietats de l'aigua (13) Records del curs fluvial	(17) Cicle aigua (4) Cicle urbà (5) Canvis estat i propietats (4) Riu	(18) Cicle aigua (2) Cicle urbà (28) Canvis estat i propietats (5) Riu

Font: elaboració pròpia a partir de les propostes de classificació d'activitats proposades per Cañal (1993) i Sanmartí (2002). Sent AF (Activitats Fetes); AR (Activitats Recordades); FAR (Freqüència Activitats Recordades)

Alguns dels aspectes més destacats de la taula anterior són els següents:

- **Les activitats orientades a percebre fets directament i a construir-los** destaquen per tenir una freqüència més gran de referències. La visita al Museu de les Aigües amb un total de 36 citacions (en els tres grups) i especialment esmentada en els grups de 5è confirmaria que la sortida té un impacte vivencial important que fa que anys després encara sigui recordada pels estudiants. També destaca l'elevada freqüència de records (58) sobre els treballs pràctics per observar i construir els conceptes vinculats als canvis d'estat (evaporació, condensació, congelació) i a les propietats de l'aigua (densitat). D'altra banda, 22 records han fet referència a continguts i aprenentatges relacionats amb els rius (font o naixement, curs fluvial, desembocadura) que es podrien associar a les activitats realitzades durant les Colònies tot i que no ho han especificat.
- **Les activitats orientades a construir coneixement reflexionant individualment.** S'han dut a terme moltes activitats orientades a la reflexió individual ja sigui per fer aflorar idees prèvies com per estructurar-les. Per exemple, alguns grups han realitzat representacions inicials i finals del cicle urbà de l'aigua. Tot i que l'alumnat no especifica quines activitats ha realitzat, cal dir que s'han recollit 113 referències de continguts apresos del cicle de l'aigua (cicle natural i cicle urbà) que podrien estar relacionades amb aquestes activitats.
- **Les activitats orientades a l'acció ambiental.** L'alumnat ha fet referència a la importància de no malgastat l'aigua, estalviar-la o no contaminar-la (26 citacions) però no han detallat records sobre les activitats realitzades. A partir dels dossiers i les entrevistes, s'ha constatat que a 3er, la qüestió de les actituds ha tingut un tractament molt puntual (converses orals i una fitxa) al llarg del desenvolupament de la unitat didàctica sobre l'aigua. En canvi, els grups de cicle superior (E25 i E26) han aprofundit més en les qüestions actitudinals en el marc de l'assignatura de *coneixement del medi* (5è) ja que és on desenvolupen projectes relacionats amb la sostenibilitat i també perquè durant la gestió de la sequera del 2008 van ser promotors d'accions proambientals relacionades amb l'aigua.

A continuació es presenta una interpretació dels resultats presentats fins ara i en relació a les activitats realitzades.

4.1.3 Anàlisi interpretativa dels resultats de l'objectiu 1

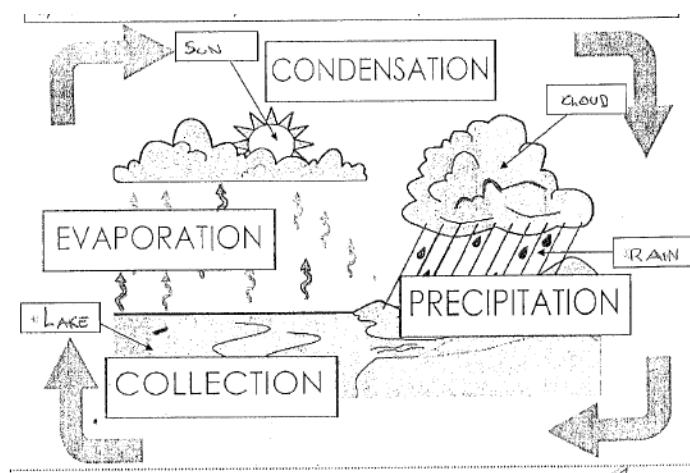
En aquest apartat, s'analitzen les relacions entre els resultats obtinguts en el qüestionari i les activitats realitzades en ambdues escoles i s'aprofundeix en les dificultats detectades i les possibles raons.

En primer lloc i en el cas de les representacions del cicle natural, l'alumnat dels dos centres mostra dificultats en identificar les aigües subterrànies i la seva circulació, així com també en identificar i explicar els canvis d'estat que tenen lloc en el cicle natural, especialment, en relació al procés de condensació. En el cas del cicle urbà, l'alumnat mostra tenir una visió força limitada dels processos i les infraestructures que possibiliten disposar d'aigua corrent a les llars. I finalment, en el cas de les actituds, les dificultats detectades fan referència a la capacitat d'identificar aquelles accions proambientals a favor d'un ús més sostenible de l'aigua que socialment no estan tan consolidades (més noves, més transformadores). A continuació s'aprofundeix en aquests aspectes tot mostrant-ne exemples de les dades recollides.

A. Causes de les dificultats d'identificar i representar les aigües subterrànies

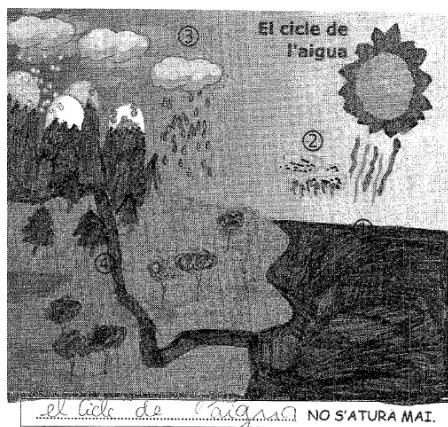
La dificultat d'identificar i representar les aigües subterrànies com a part del cicle natural de l'aigua, segons Bach i Brusi (1988) es relaciona amb el fet que és un fenomen molt difícil d'observar i per tant, desconegut. Però mitjançant l'anàlisi del dossier de l'alumnat de les dues escoles, també s'ha constatat que els models del cicle de l'aigua utilitzats -extrets de llibres de text- per estructurar i sintetitzar els continguts tampoc no han ajudat a fer-les visibles perquè no hi eren representades (il·lustració 10 i 11). Aquest fet evidencia les alertes de diversos autors (Sherpharson, 2009; Gunckel, 2012) sobre les limitacions de les representacions del cicle de l'aigua publicades en molts llibres de text per ser massa estereotipades, simplificades, uniformes i per no tenir en compte el progrés en la comprensió científica.

Il·lustració 10. Exemple de model del cicle de l'aigua utilitzat a l'E1

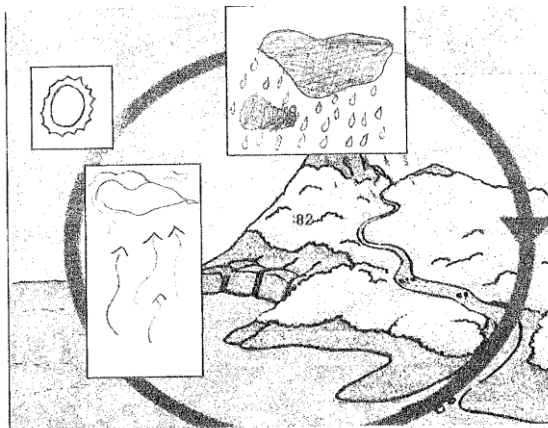


Il·lustració 11. Exemples de models del cicle de l'aigua utilitzats a l'E2

a)



b)



Però en el cas de l'E1 es van realitzar dues xerrades que es relacionaven amb les aigües subterrànies (xerrada sobre la construcció de pous a Tanzània i xerrada sobre la professió d'un hidrogeòleg). Tanmateix, aquestes aportacions externes no van afavorir una millora dels coneixements del cicle de l'aigua del grup. Una possible interpretació és que el contingut de les xerrades no es va interrelacionar amb les altres activitats que es realitzaven a l'aula i, molt especialment, no es va ajudar l'alumnat a prendre consciència de la seva dificultat a l'hora d'identificar les aigües subterrànies com a part del cicle natural. D'altra banda, també cal tenir en compte que el model visual del cicle de l'aigua utilitzat (Il·lustració 10) tampoc va afavorir aquesta millora de les idees inicials ja que no inclou la circulació subterrània.

Aquest fet planteja la importància de que el professorat reconegui aquesta dificultat i que planifiqui activitats que afavoreixin la regulació metacognitiva de l'alumnat per possibilitar una evolució dels models inicials cap a d'altres que tinguin en compte la presència de les aigües subterrànies i la seva circulació. Identificar-les és un pas previ per comprendre la importància d'aquests magatzems d'aigua dolça tant per la quantitat d'aigua que acullen com per la seva bona qualitat. Al mateix temps, reconèixer la seva existència i imaginar la seva circulació també és un pas necessari per adonar-se que, si es contaminen, el problema és de difícil solució.

B. Causes de les dificultats relacionades amb la condensació

Les dues escoles coincideixen en la tendència de l'alumnat d'anomenar i explicar més el procés d'evaporació que el de condensació. Aquest resultat indica la dificultat de comprensió d'aquest darrer tal i, com ja s'ha demostrat en diverses recerques (Bar & Travis, 1991; Márquez & Roca, 2009; R. J. Osborne & Cosgrove, 1983; Tytler, 2000), l'alumnat mostra més facilitat per explicar els canvis per escalfament que no pas per transferència de calor.

Tot i que a l'E2 s'han realitzat activitats experimentals orientades a comprendre els canvis d'estat de l'aigua (evaporació, condensació, solidificació, fusió...), els resultats no han mostrat la relació esperada amb una millor explicació d'aquests processos en el dibuix del cicle natural. En part, aquest es pot explicar per les limitacions del mateix qüestionari però també, per altra part, pel fet que la diversitat d'explicacions que expressa l'alumnat sobre les causes de la condensació no han estat recollides pel professorat per tal de possibilitar una evolució d'aquestes explicacions cap a d'altres més properes al coneixement científic.

Analitzant una mostra dels dossiers de 3er curs de diferents anys escolars (realitzats pels grups objecte de l'estudi), s'ha pogut evidenciar que l'alumnat, en finalitzar la unitat didàctica, no ha comprès el concepte de la condensació ja que tampoc l'utilitza per explicar la formació dels núvols. A continuació s'exposen alguns exemples.

A l'exemple a) s'analitza l'activitat d'avaluació final de la unitat didàctica. L'alumne mostra tenir cert coneixement sobre la condensació però no l'ha utilitzat per explicar el cicle natural:

Exemple a) mostra dificultats per explicar les causes del procés de la condensació (dossier 3erB curs 11-12):

A la pregunta de l'avaluació final *“explica una situació habitual de la teva vida que hagis observat els següents canvis d'estat: solidificació i condensació”*, l'alumne, a través de la seva resposta, demostra tenir algun coneixement del procés de condensació tot i que no aprofundeix en les causes: *“quan plou, l'aigua abans de ploure s'ha condensat. Quan un vidre s'entela”*.

A la pregunta sobre *“Perquè quan treus una ampolla de la nevera, al cap d'una estona està mullada per fora?”* l'alumne també respon sense aprofundir en la causa tot i que introdueix la qüestió de la temperatura *“per l'aire que hi ha a fora és més calent, es condensa a les parets de l'ampolla”*.

I finalment, la pregunta en la que es demana completar i explicar el cicle natural, l'alumne explica el procés de l'evaporació fent referència a la causa (*“la calor del sol”*) però en canvi, en el cas de la condensació no fa cap referència a la causa ni tampoc relaciona aquest procés amb la formació dels núvols: *“l'aigua del mar es vaporitza per la calor del sol i forma els núvols. Els núvols van cap a la muntanya i fan ploure, nevar o pedra”*.

En el següent cas (exemple b i c), s'analitzen diferents activitats incloses en el dossier que pretenien ajudar a l'alumnat a identificar les causes de la condensació però, tal i com es mostra a l'avaluació final, aquesta dificultat no ha estat superada.

Exemple b) identifica les causes de la condensació a partir de les activitats experimentals però no les utilitza per explicar el cicle natural (dossier 3erA curs 10-11)

En primer lloc, després de realitzar els diferents experiments sobre els canvis d'estat, com el de posar aigua a bullir en una olla tapada, l'alumne és capaç d'explicar correctament què passa, tal i com es demostra a l'escrit inclòs a l'activitat de síntesi on defineix el concepte de la condensació com a "el vapor al refredar-se en torna líquid":

Figura 49. Activitat síntesi

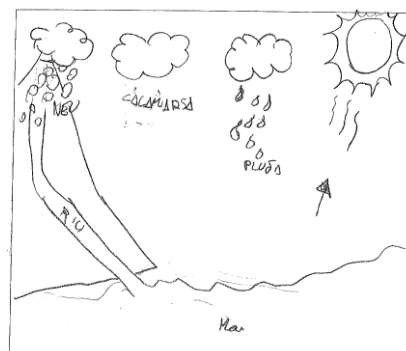
Què has après?

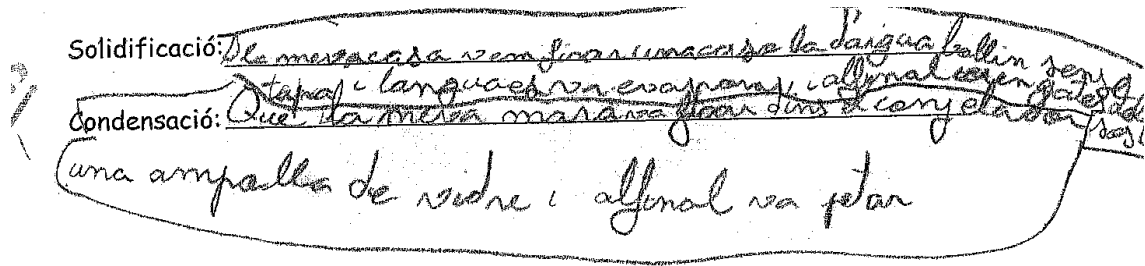
- **Fusió**: l'aigua en estat sòlid quan s'escalfa es converteix en aigua líquida
- **Condensació**: el vapor al refredar-se es torna líquid
- **Evaporació**: l'aigua líquida al escalfar-se es torna vapor
- **Solidificació**: l'aigua líquida quan està a una temperatura molt baixa (00) es torna sòlida (gel)

En canvi, a l'activitat d'avaluació final (Figura 50) aquest concepte no s'utilitza a l'hora d'explicar el cicle natural i en una de les preguntes on es demana definir què és la condensació, l'alumne la confon amb el concepte congelació (ja que el defineix com "quan la meua mare fica dins el congelador una ampolla de vidre i al final va petar").

És interessant destacar que aquesta confusió no ha estat un cas aïllat ja que també s'ha comprovat en d'altres dossiers. Possiblement és atribuïble a la similitud de la paraula però possiblement també ha alimentat aquesta confusió el fet d'haver utilitzat el congelador per fer una pràctica per visualitzar la condensació de l'aire i és una experiència que ha quedat gravada a la seva memòria.

Figura 50. Activitat d'avaluació final





En el cas de l'exemple c) en el dossier (3erB curs 09-10) es recullen diverses definicions escrites sobre la condensació però en canvi, a l'avaluació final, l'alumne n'escriu una d'errònia: “quan el sòlid es fa líquid”.

D'altra banda, cal afegir que en un dels dossiers i després de realitzar les activitats experimentals (exemple d), l'alumne escriu explicacions (Figura 51) que aprofundeixen en les causes del procés de condensació (i en el cas “Què he après?” fent ús de les pròpies paraules). I a l'avaluació final (Figura 52), el mateix alumne utilitza aquest coneixement per explicar el cicle natural i encara que utilitza formes d'expressió poc precises, aquestes inclouen idees importants com la d'interacció i de transferència de calor: “el vapor d'aigua toca l'atmosfera i es refreda” i “quan arriba a llocs freds les gotes s'agrupen i cauen...”.

Exemple d) identifica les causes del procés de condensació amb la realització de les activitats experimentals i també les utilitza per explicar el cicle natural (dossier 3erA curs 10-11Mi)

Amb la realització de les activitats experimentals, l'alumne relaciona la condensació amb la transferència de calor i ho expressa amb les seves paraules:

Figura 51. Activitat de síntesi

CONDENSACIÓ

LA TAPADORA I EL VAPOR:

líquid - gas

Què has observat amb l'experiment de la tapadora i el vapor?

He observat com l'aigua bullint es transforma en vapor. En la tapadora, com estava tan freda el vapor es torna aigua.

Què has après?

Que l'aigua canvia d'estat segons la temperatura que se li aplica.

FUSIÓ: L'aigua en estat sòlid quan s'escalfa es converteix en aigua líquida.

CONDENSACIÓ: El vapor al refrigerador se es torna líquid.

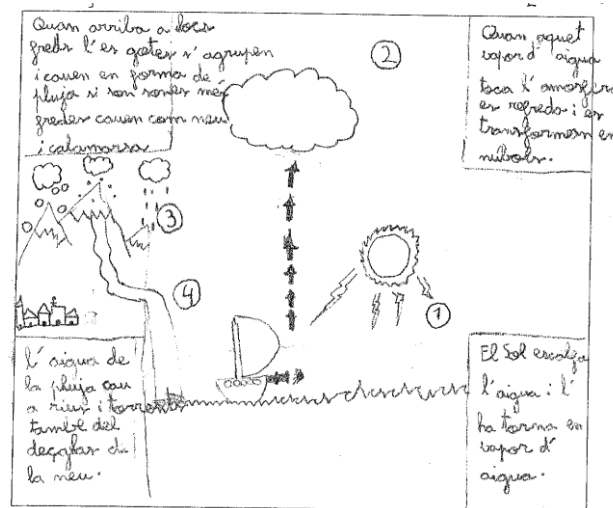
L'aigua líquida al escalfar se es torna vapor.

L'aigua líquida quan està a una temperatura molt baixa (0°) es torna sòlida (gel).

SOLIDIFICACIÓ

I en la prova d'avaluació final (figura següent), l'alumne aplica aquest coneixement per explicar els processos que tenen lloc en el cicle natural (també el procés de condensació) tot aprofundint en les causes.

Figura 52. Activitat d'avaluació final



Aquesta anàlisi de la seqüència d'activitats realitzada mostra diferents resultats d'aprenentatge en relació a l'explicació de les causes del procés de la condensació. La seqüència, de manera resumida, ha seguit les següents tasques: 1) identificar canvis d'estat a partir d'activitats experimentals; 2) saber explicar les causes dels canvis; 3) identificar el nom científic dels canvis d'estat; 4) relacionar aquests fenòmens amb situacions de la vida quotidiana i amb el cicle natural.

L'anàlisi dels dossiers mostra que les activitats experimentals són necessàries però no suficients per comprendre una idea tan complexa com la del procés de condensació ja que no tots els alumnes mostren haver comprès aquest procés a l'activitat d'avaluació final. Només en aquest darrer exemple (d), s'ha pogut evidenciar com un alumne que és capaç d'identificar amb les pròpies paraules les causes dels processos dels canvis d'estat (després de realitzar les activitats experimentals) també utilitza aquest coneixement en el cas del cicle natural. Comprendre el fenomen de la condensació és una condició necessària per incloure'l en les representacions del cicle natural de l'aigua.

A continuació es presenten dos exemples d'activitats que no han afavorit l'estructuració de les idees relacionades amb les causes del procés de la condensació. En el primer exemple e) s'ha inclòs el text d'una activitat d'estructuració inclosa en el dossier de l'E2 que s'acompanya amb el dibuix (il·lustració 11a) i que demana completar els "buits" amb el concepte corresponent (paraules subratllades). Com es pot comprovar, tot i que el text destaca les causes del procés d'evaporació ("amb l'escalfor part d'aquesta aigua s'evapora i forma vapor d'aigua") en el cas del procés de la condensació no fa referència explícita a la causa de transferència de calor (pèrdua), que és una de les dificultats que té l'alumnat ("quan arriba a una altura determinada de la muntanya el vapor d'aigua es condensa i es transforma en petites gotes d'aigua").

Exemple e) activitat d'estructuració que no explica les causes de la condensació

“El Sol escalfa l'aigua del mar, rius i llacs. Amb l'escalfor part d'aquesta aigua s'evapora i forma vapor d'aigua. Quan arriba a una altura determinada de la muntanya el vapor d'aigua es condensa i es transforma en petites gotes d'aigua que suren en l'aire i formen els núvols. Quan els núvols arriben a zones molt fredes, les gotes d'aigua s'agrupen. Llavors cauen en forma de pluja. Si la zona de l'atmosfera és més freda, el vapor d'aigua es transforma en neu. Els rius i torrents recullen la pluja o neu i l'aboquen finalment al mar.” (Dossier 3erB curs 11-12, Escola 2, pàgina 43)

En el cas de l'exemple f) es mostra un text col·lectiu elaborat pel grup que resumeix les experiències realitzades sobre els canvis d'estat i les associa amb accions de la vida quotidiana. Com es pot comprovar entre elles tampoc no s'ha associat el fenomen de condensació amb els núvols o la boira:

Exemple f) activitat on s'associa la condensació a fenòmens de la vida quotidiana

“Hem descobert que a l'ampolla s'estaven produint dos canvis d'estat a la vegada. D'una banda el gel passava de sòlid a líquid per la fusió, i de l'altre el vapor d'aigua que hi havia a l'aire de la classe s'estava condensant en tocar el fred de l'ampolla, i passava a convertir-se en gotetes d'aigua. Això és el que passa al vidre quan et dutxes i al mirall del lavabo.” (Dossier 3erA curs 09-10, Escola 2, pàgina 44)

Finalment, del conjunt de les representacions sobre el cicle natural analitzades només un 9% han inclòs explicacions sobre el procés de condensació (18/196). Tanmateix de l'anàlisi d'aquestes explicacions escrites (veure objectiu 4 o annex_objectiu4) s'evidencia la dificultat d'explicar les causes d'aquest procés ja que només 5/18 han inclòs explicacions que, tot i que ser poc precises, han fet referència al “refredament”. A continuació s'exposen alguns exemples de les idees i dificultats que es recullen de les explicacions de l'alumnat:

- S'inclouen les causes de l'evaporació però no les causes de la condensació: E25A17 *“L'aigua del mar o del riu s'evapora gràcies al sol i després aquella aigua evaporada es converteix en núvols, com ja sabeu després l'aigua cau en forma de gota (pluja) després aquella forma els rierols i aquells van a parar al mar o els llacs i torna a començar”.*
- No expressen de manera clara quina és la naturalesa dels núvols (vapor o aigua líquida?): E25A20 *“l'aigua s'evapora, es transforma en núvols i es solidifica”.*
- Els núvols són contenidors que s'omplen, agafen o absorbeixen aigua: E116 *“Vapor. El núvol espira l'aigua per que ploqui”.*
- S'inclou la idea de “refredament” tot i que de manera poc precisa: E141 *“evaporació, fa fred (es forma un núvol), plou, neva i va a un riu i torna a passar el mateix”.*

En síntesi, hi ha alumnes que expliquen el procés però no l'anomenen i a la inversa, alumnes que anomenen el procés però que no l'expliquen. En aquest sentit, com van

demostrar Osborne et al. (1983), el fet de saber anomenar-lo no sempre implica tenir una comprensió real d'aquest concepte.

Les dificultats associades a la comprensió del procés de la condensació són conegudes per la investigació educativa des de fa dècades, així com també la importància de les activitats experimentals en la construcció d'aquests conceptes. En el cas de l'E2, el professorat ha organitzat activitats experimentals i ha fomentat l'associació d'aquests processos amb fenòmens de la vida quotidiana. Tanmateix, tal i com s'ha mostrat a través dels exemples, aquestes activitats no han estat suficients per comprendre clarament les causes del procés de condensació i relacionar aquest fenomen amb la formació dels núvols.

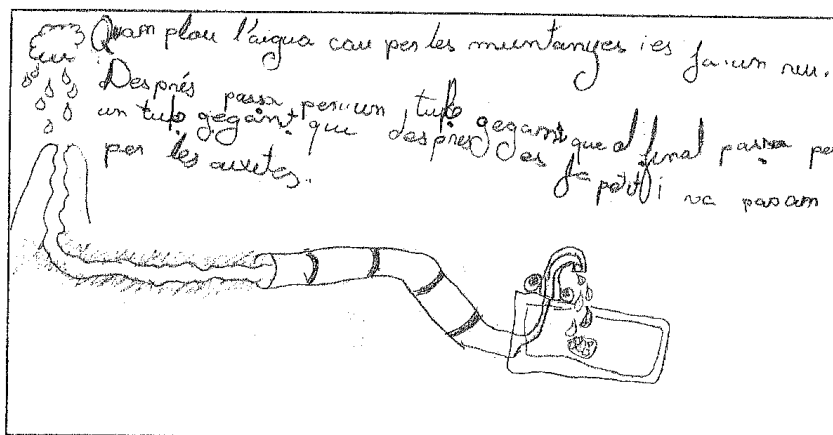
Possiblement el professorat tampoc no ha estat prou conscient d'aquesta dificultat així com de la dificultat d'utilitzar el coneixement après d'una experiència pràctica en una altre context, com és la d'explicar els canvis d'estat que tenen lloc en el cicle natural de l'aigua. I possiblement, per aquest motiu tampoc han seleccionat imatges o textos extrets dels llibres de text que actuessin com a bastides per ajudar a regular les idees de l'alumnat ajudant a superar les dificultats.

C. Causes de les dificultats relacionades amb el cicle urbà

Les dues escoles analitzades tenen en comú haver realitzat una activitat al Museu de les Aigües (visita i taller) per introduir el cicle urbà de l'aigua, una qüestió que en general a les escoles de primària no s'hi aprofundeix. Aquest activitat fora de l'aula juntament amb d'altres d'estructuració (ex: explicar el cicle urbà o dibuixar-lo), han contribuït a millorar el coneixement de la circulació de l'aigua per la ciutat, tal i com evidencien l'evolució dels dibuixos de l'alumnat recollits en els dossiers de 3er del grup E25. A la

Il·lustració 12 es mostra un exemple de com l'alumnat s'imagina el recorregut que fa l'aigua fins arribar a casa seva. Com es pot comprovar, es tracta d'una representació molt simple on l'aigua és captada del medi natural i transportada fins a l'aixeta.

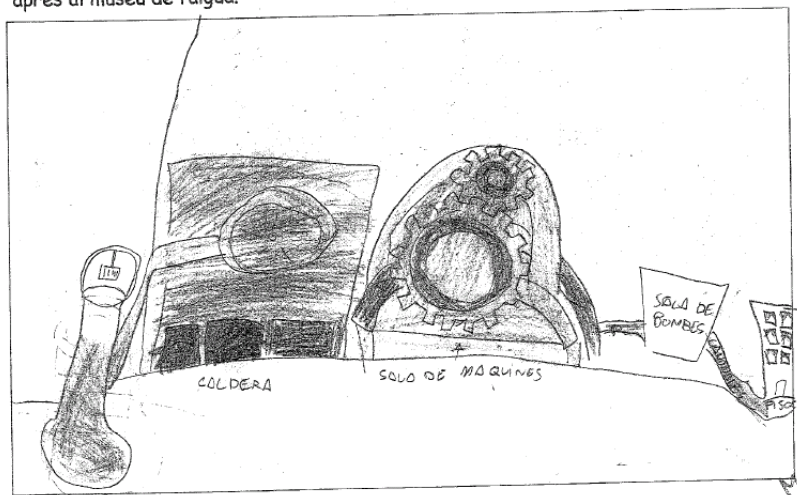
Il·lustració 12. Exemple de representació inicial del cicle urbà realitzada abans de la visita al Museu de les Aigües (dossier 3erA curs 10-11)



En canvi després de la visita, la representació realitzada pel mateix alumne (il·lustració 13) inclou més idees noves, especialment referents a allò que s'ha vist al Museu (punt de captació, caldera, sala de màquines, sala de bombes i el transport fins a les cases). Tanmateix no ha inclòs els tractaments ni els dipòsits elevats possiblement perquè, tot i que són aspectes explicats, no els van veure. Cal destacar el fet que es representi la "sala de bombes" ja que això suggereix que la visita al Museu, és un bon context per introduir la qüestió de l'energia en el cicle urbà, és a dir, identificar que el cicle urbà (a diferència del natural que només necessita l'energia del Sol) necessita també importar energia suplementària per a funcionar.

Il·lustració 13. Exemple de la representació del cicle urbà després de realitzar la visita al Museu de l'Aigua (dossier 3erA curs 10-11)

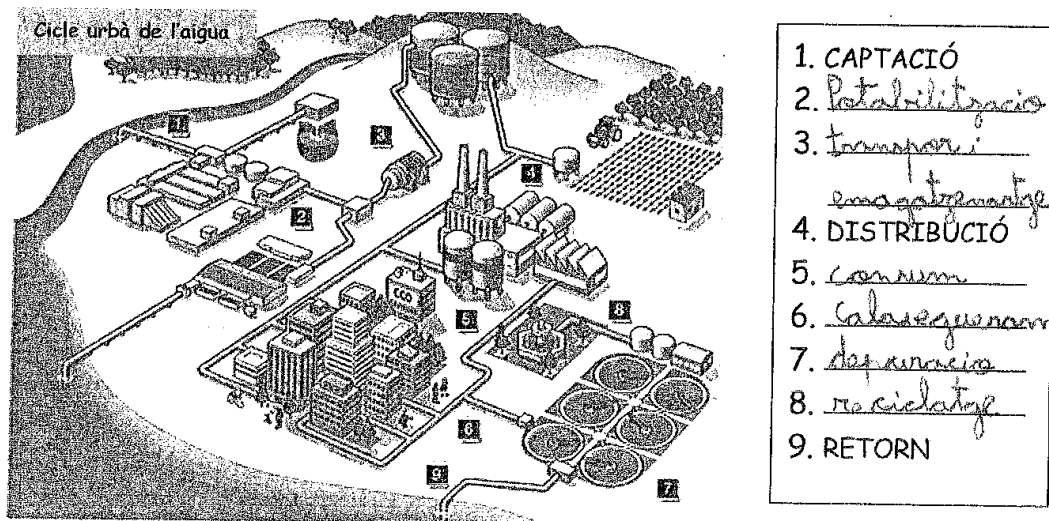
Dibuixa el camí que fa l'aigua des del pou fins a les cases explicant tot el que has après al museu de l'aigua.



La qüestió energètica en el cicle urbà de l'aigua no s'acostuma a plantejar des de l'escola ja que, entre d'altres motius, els llibres de text i altres materials escolars de consulta tampoc no ho han incorporat. Per exemple, a la il·lustració 14 es mostra l'esquema del cicle urbà utilitzat per estructurar els conceptes desenvolupats i com es pot veure, pot transmetre la idea errònia de que el cicle funciona per si sol perquè no es fa cap referència a l'energia necessària per fer possible que els sistemes d'abastament i sanejament de l'aigua funcionin.

Il·lustració 14. Exemple de l'esquema final del cicle urbà utilitzat per estructurar els conceptes (dossier 3erA curs 10-11)

2. Posa el nom a les fases del cicle urbà de l'aigua:



D'altra banda, els resultats del qüestionari també indiquen que les activitats externes (visites o activitats a l'aula realitzades per persones externes i expertes) han tingut un impacte positiu a la memòria de l'alumnat ja que són molt recordades. I en alguns casos, s'ha expressat explícitament la contribució d'aquestes vivències en el seu aprenentatge:

E1.4.5 Va venir una gent i ens va ensenyar com depuraven l'aigua.

E1.6.13 Vam anar d'excursió. Ens van explicar com arribava l'aigua a casa nostra.

E2.5B.4 vam anar a un museu i ens van explicar coses sobre l'aigua.

E1.4.4 Vam tindre 2 noies i ens van ensenyar a estalviar aigua (Gotagotam.)

També les mestres han fet comentaris positius durant les entrevistes³⁷ tot remarquant la importància del treball posterior a l'aula per a l'aprenentatge:

[Línia 51] E5: El que vam fer allà [Museu de les Aigües] també ho vam recuperar i vam estar treballant-hi després. Vam recordar molt i vam tornar a fer-ho aquí. I això pot ajudar a aprendre millor. Allò que hem vist, en parlem, pensem, reflexionem o tornem a fer...i això ajuda més. Potser hi ha alumnes que no ho necessiten però n'hi ha molts que els fa centrar-se una mica més.

[Línia 112] E5: [Gota-gotham]. Ens ha explicat el CU aigua, del riu a la potabilitzadora, que per potabilitzar fan servir filtres i clor, el clor serveix per treure microbis, fan experiment per veure que està ben neta i l'envien a casa per les canonades. A casa l'embrutem amb sabó, olis etc... més tard va a la depuradora i allà la netegen però no la potabilitzen. Després va a la natura o bé per regar o netejar els carrers...

En síntesi, els resultats obtinguts en aquesta part de la recerca semblen indicar que l'alumnat, a través de les diferents activitats externes i les activitats d'aula realitzades, ha ampliat el seu coneixement sobre la circulació de l'aigua per la ciutat respecte a les seves idees inicials. I un any o més anys després (en el cas de cicle superior E2) de

³⁷ Fragments extrets de la transcripció E1_Trans4_291012

realitzar la unitat didàctica, sembla que aquest coneixement ha perdurat en el temps, ja que l'alumnat tendeix a representar cicles tancats en el que s'inclou com a mínim un dels dos tractaments de l'aigua.

Aquesta primera diagnosi sobre els coneixements del cicle urbà permet ajudar a identificar possibles camins de progressió que tant poden orientar a d'altres escoles de primària que vulguin iniciar aquesta qüestió com a centres de secundària que vulguin aprofundir-hi.

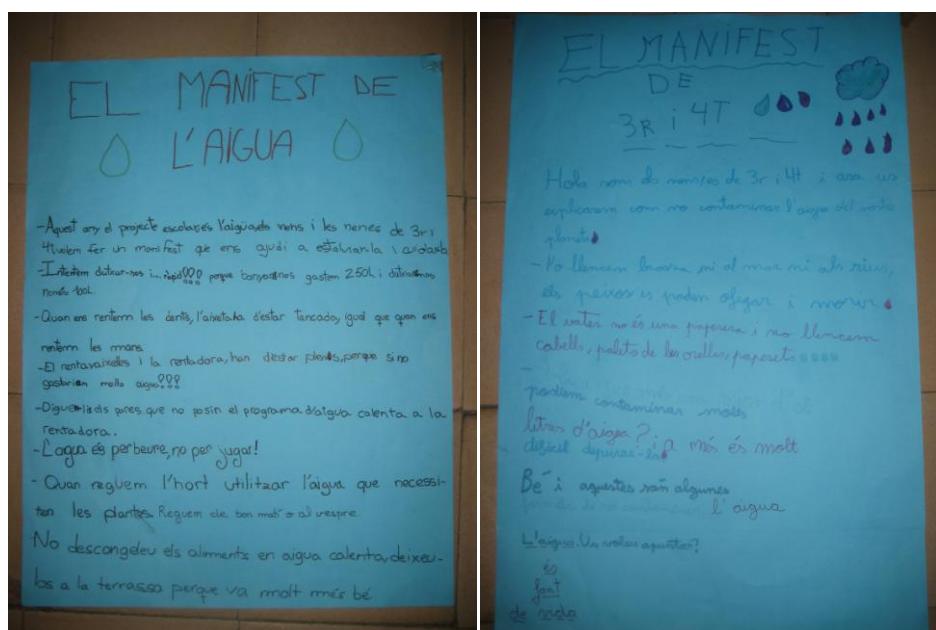
Si es té en compte que el nexa *aigua-energia* és un dels reptes de futur més importants segons indiquen diverses publicacions (Olsson, Water report...), també caldrà començar a plantejar com incloure aquesta qüestió a l'educació obligatòria. Tot i que no és senzill ja que encara és un tema relativament recent, sovint reduït als àmbits més acadèmics i especialitzats en la gestió de l'aigua i sobre el que actualment hi ha poca informació de caràcter divulgatiu.

Tanmateix un primer pas pot consistir en prendre consciència que el cicle urbà (a diferència del natural) necessita importar energia pel seu funcionament i com aquesta energia flueix i es degrada a través dels diferents processos del cicle urbà. Conèixer aquestes necessitats i transformacions energètiques així com altres costos associats al cicle urbà (econòmics i ambientals) pot ajudar a millorar la comprensió de la complexitat que hi ha darrera un fet tan quotidià com és obrir una aixeta, i tenir més arguments a favor de la importància de fer-ne un ús més sostenible.

D. Causes de les dificultats d'identificar actituds més efectives

Els resultats mostren una coherència entre les activitats realitzades per promoure actituds vers un ús més sostenible de l'aigua i les actituds que anomena l'alumnat en el qüestionari. En el cas de l'E1, el manifest elaborat recull propostes d'acció envers l'aigua identificades i consensuades per l'alumnat (figura 53). Tanmateix, les accions que s'hi inclouen són accions força consolidades o esteses socialment (tancar l'aixeta, dutxar-se enlloc de banyar-se, no jugar amb l'aigua, no malgastar aigua quan es rega, no llençar brossa als rius o mars, no llençar coses al vàter). I en menys casos, s'hi inclouen accions que malgrat ser poc conegudes són molt importants per a fer un ús més sostenible dels recursos hídrics (com ara, no llençar oli per l'aigüera, omplir bé el rentaplats o la rentadora i no utilitzar programes d'aigua calenta). I aquest és un dels motius que explicaria perquè l'alumnat de l'E1 ha continuat esmentant aquesta tipologia d'acció proambiental més estereotipada.

Figura 53. Accions proambientals recollides en el manifest de l'aigua a l'EI



En alguns casos i especialment, en cas de les actituds menys consolidades o més noves, els motius que expressa l'alumnat a favor d'una determinada acció, com per exemple omplir bé el rentaplats o la rentadora, són poc precisos i en algun cas s'expressen idees confuses o afirmacions contràries. A continuació, es presenten exemples que evidencien la dificultat d'explicar què implica fer un ús eficient de l'aigua (exemple a) i la persistència d'idees actualment errònies (exemple b).

Exemple a) l'alumne no identifica que el consum d'aigua és el mateix –tant si carrega molt o poc la màquina- i que per tant, amb la càrrega completa del rentaplats o la rentadora es millora l'aprofitament de l'aigua:

[E2]"no ficar poques coses al rentavaixelles perquè gasta molta aigua" "omplir molt la rentadora si posem poca roba no estalviem".

Exemple b), les següents afirmacions poden indicar l'existència de l'idea (actualment errònia) de que el rentaplats consumeixen molta aigua i n'hi ha que afirmen que s'estalvia més aigua si aquests es renten a mà:

[E26A1] "Rentar els plats a mà enlloc de posar el rentaplats".

[E26A15] "No utilitzar el renta plats".

Aquestes explicacions poc precises o fins i tot contràries possiblement també s'expliquen pel fet de no aprofundir o fer més explícits els motius pels quals és recomanable adoptar determinades accions proambientals.

Aquests resultats suggereixen l'interès de transformar aquestes explicacions poc precises i contràries en bones preguntes per a investigar (per exemple: *per consumir menys aigua, és millor rentar els plats a mà o rentar-los a la màquina?*). Aquestes preguntes, que poden ajudar a "trencar tòpics" són de gran interès per desenvolupar unes

competències en l'alumnat que els servirà per respondre aquesta i altres preguntes que puguin tenir en un futur. Respondre-les mitjançant la cerca d'informació, el seu contrast, debat i extreure'n conclusions, els permetrà prendre consciència de que no existeixen solucions úniques ni vàlides per sempre, sinó que aquestes sempre són òptimes en funció de les diverses variables que entren en joc (per exemple, nombre de plats a rentar, ús de dispositius a les aixetes, tipus de rentavaixelles, ús de la càrrega completa o de programes més eficients, etc.).

Tot i que existeix un clar predomini d'actituds estereotipades i ja consolidades socialment, entre els grups existeixen diferències d'interès que es poden atribuir a l'impacte d'altres activitats realitzades. Per exemple, el grup E16 és el que ha anomenat més accions proambientals orientades als usos domèstics de l'aigua (rentadora, rentaplats...) i també ha estat l'únic grup que ha realitzat una activitat per identificar els usos de l'aigua a la llar i calcular-ne el consum, tal i com es demostra en aquest fragment d'entrevista³⁸:

[Línia 99] E2: amb els de 5è i 6è vaig fer tot aquest treball de la diagnosi ...va donar molt de si. Primer anàvem dient el que ens semblava i després en comparar amb la web, ens vam quedar molt parats i això els va sorprendre bastant. Era una activitat molt aplicada.(...) no partíem d'exemplificar alguna cosa que si fèiem bé o malament sinó que primer els hi preguntàvem, en què gastes tu aigua a casa?. (...) Recordo que els hi dèiem, fes com si entressis a casa teva i ves entrant a totes les habitacions i ves veient què gastes a cada lloc.

Un altre exemple es troba en l'alumnat de cicle superior de l'E2 que ha destacat per esmentar accions relacionades amb la reutilització de l'aigua i que a les entrevistes, les mestres atribueixen al fet de ser participants actius de les accions impulsades en el marc de la gestió de la sequera del 2008.

D'altra banda, a les entrevistes també han destacat la importància de que les actituds proambientals impregnin la vida quotidiana de l'escola perquè poden contribuir a modificar els comportaments dels nens i nenes i també de les famílies.

En el següent fragment d'entrevista de l'escola 1³⁹, les mestres han destacat la importància de que es fomentin actituds proambientals a l'escola tot i que, afirmen que en el moment de fer el qüestionari encara no les s'estaven duent a terme:

[Línia 119] E1: clar si aquesta feina l'haguessin fet més cap a finals de curs [en referència al qüestionari] potser si que hagués sortit. Perquè ara estan reutilitzant l'aigua del menjador, dels gots i les gerres, per regar. La posem en una galleda i després es reguen els arbres del pati.

I en el cas de l'E2, tal i com es recull en el següent fragment del diari de camp, les mestres consideren que poden influenciar a les seves famílies perquè les veuen com "aquella part de la societat disposada a canviar i actuar de manera més sostenible" si se li proposa o se li facilita aquesta reflexió.

³⁸ Fragment extret de la transcripció E1_TransEn3_60712. doc

³⁹ Fragment extret de la transcripció E1_TransEn3_60712. doc

Figura 54. Fragment del diari de camp de l'Escola 2

→ d'any de la regressa van fer
 accions com recollir H₂O pluja
 amb garrals portables de casa &
 regar hort. Però + auto' els grans
 citen aqte acció. hem q al
 marçador de fura cons amb H₂O
 grans. Més quant anys abans
 ja ven fit un treball q de ve
 parlar a canar alguns arbres.
 → hores diposits → no anuau.
 → consideren els familiars de com
 aqua part de la comunitat disposada
 a canar i actuar de manera +
 ont. amb lo seu ditretat amb
 la campanya embolals i la zona
 acollida de l'ús de cermanyols.

En resum, que l'alumnat de les dues escoles tingui nombrosos records sobre les activitats orientades a l'acció (importància de l'estalvi, el tenir-ne cura, etc.) és indicador de l'interès i el sentit de responsabilitat dels nens i nenes vers la cura del medi ambient. Un resultat que exemplifica l'afirmació de Pol i Castrechini (2013), sobre la importància d'aprofitar l'interès i el potencial d'aquestes edats cap als temes ambientals.

Tanmateix, analitzar la qüestió de les actituds proambientals a través de les accions que esmenta i coneix l'alumnat no permet inferir si aquest coneixement es tracta del resultat d'un aprenentatge mecànic o si ha hagut un canvi racional o conscient. En aquest sentit, l'escola hauria de promoure aquestes darreres, tal i com s'analitzarà en els resultats de l'objectiu 2.

Aquests resultats indicarien la importància que des dels equips de mestres es realitzés una reflexió prèvia de fons sobre quines són les actituds i els comportaments que es volen promoure, tal i com suggereixen Steg i Vlek (2009) per altres àmbits no exclusivament educatius. En aquest sentit, seria interessant que des de l'escola es prioritzés la promoció d'actituds que socialment estiguessin poc esteses i que fossin més efectives (consciència usos indirectes, consciència de la relació aigua i energia, ús de dispositius d'estalvi...). També que seria necessari ajudar els nens i nenes a reflexionar sobre aquelles conductes que tinguessin més impacte sobre la conservació dels recursos hídrics i que podrien ser modificades (accions que contaminen més o menys l'aigua; accions que consumeixen més o menys aigua...). I per últim, seria d'interès plantejar totes aquelles accions que fossin realment més efectives i poguessin ser transferibles a d'altres recursos per contribuir a millorar la relació de les persones amb el medi a partir d'allò que s'ha après en un context concret com el de l'aigua (prendre consciència del consum per usos, reduir el consum d'aigua i d'energia en tots els àmbits, no malbaratar aliments, reutilitzar...).

E. Altres causes que han influït en els resultats

Fins ara els resultats obtinguts s'han interpretat a partir de les activitats realitzades i la seva organització en el temps però també s'han identificat altres variables que han pogut influir en l'aprenentatge com per exemple, les característiques dels grups, la participació en el desenvolupament de l'A21E de l'escola, la dinamització d'accions en el marc de la gestió de la sequera i les característiques de les famílies (aspectes ja comentats anteriorment) o el paper de la mestra segons les seves habilitats docents i coneixements en relació a la matèria d'estudi (aspecte que no s'aprofundeix en aquest treball). Cal tenir present que els resultats de l'acció educativa depèn de moltes variables i en aquesta recerca s'han pogut identificar-ne algunes.

La influència de les característiques del grup s'ha constatat clarament en el cas del grup de l'E14, tal i com es mostra en el següent fragment d'entrevista⁴⁰ on les mestres han explicat com això pot afavorir l'aprenentatge:

[Línia 10] E5: és un grup molt actiu que té moltes ganes d'aprendre, hi ha com la meitat [dels alumnes] que són molt potents i arrosseguen als altres. N'hi ha que els costa més però com que aquest grup té tanta força ... i qualsevol cosa que es plantejava ells de seguida venien amb moltes preguntes i si demanaves informació portaven moltes coses...

La influència de la participació en el Programa BcnE+S, s'ha evidenciat en l'aprofitament de diversos recursos facilitats pel programa per desenvolupar continguts del currículum. Especialment, en el cas de l'E2 que vehiculen la programació de coneixement del medi de 5è curs amb els projectes relacionats amb BcnE+S com per exemple, el projecte “embolcalls més sostenibles” tal i com es mostra en aquest fragment del diari de camp.

Figura 55. Diari de camp de l'Escola 2

→ a si' centra el currículum de
adi al tema act. No han fet
 es de l'arque però n' enque,
 naturals i ara, embolcalls i
 rancos rendus. Han parlat
 u la distinció entre conceptes
 utilitzats / rendus. De
 e contemparau / rendus
 La Btor x això els de c.s

rendus

⁴⁰ Fragment extret de la transcripció E1_Trans4_291012

4.1.4 Conclusions de l'objectiu 1

Els resultats obtinguts en aquesta diagnosi de la cultura ambiental de l'aigua es poden interpretar com a tendències (en la representació dels cicles, en les propostes d'acció ambiental, en la capacitat de construir arguments...) que s'expliquen en gran part per les activitats realitzades i com aquestes han estat organitzades al llarg del temps.

L'anàlisi d'aquestes activitats ha permès identificar com s'han desenvolupat els diferents continguts, quines estratègies s'han utilitzat i com s'ha afavorit la construcció del coneixement en relació a l'aigua. Tal i com ja s'ha exposat a l'apartat de l'anàlisi interpretativa, s'han pogut identificar les raons que expliquen perquè l'alumnat no ha progressat en l'aprenentatge d'alguns continguts, com els relacionats amb les aigües subterrànies o la condensació, malgrat ser dificultats conegudes en l'àmbit de la investigació en didàctica de les ciències.

En part, les interpretacions exposades a l'apartat dels resultats responen a una sèrie de decisions preses pel professorat que a la vegada depenen de: a) el grau de coneixement de la matèria d'estudi (el cicle de l'aigua); b) el grau de coneixement de les dificultats de l'alumnat; c) la utilització de les idees alternatives i de la regulació metacognitiva per afavorir el procés d'aprenentatge. En aquest sentit, millorar la comprensió sobre les aigües subterrànies o el procés de condensació no és una qüestió de l'edat sinó de com s'ha ensenyat i el temps que s'hi ha dedicat.

El fet que el professorat no hagi estat prou conscient d'aquestes dificultats, no ha afavorit que seleccionés materials que afavorissin aquesta millora en l'aprenentatge (com *els models del cicle de l'aigua*), així com tampoc no ha planificat estratègies orientades a la regulació de les idees inicials i no sempre s'ha afavorit l'aplicació dels conceptes construïts en les activitats experimentals per explicar els processos que tenen lloc al cicle natural i aquesta, per si sola, no s'ha produït.

En aquest sentit, com afirmen Osborne et al (1983) "*és important que la mestra identifiqui les concepcions dels nens i nenes i dissenyi una seqüència en consonància. Sinó les idees no canviaran cap a llocs no anticipats*". Així doncs si s'organitzen activitats de manera que les idees que es plantegin posin en qüestió les pròpies i generin noves explicacions sobre els fenòmens observats s'afavorirà una progressió en l'aprenentatge. Ja que com també diu Osborne et al. "*els nens i nenes no agafen una idea nova a no ser que la nova sigui millor i la reemplaçi*".

D'altra banda, els resultats senyalen la importància de les experiències viscudes "fora de classe" o guiades per persones externes (educadors ambientals), ja que proporcionen altres fonts d'informació i vivències que generen un impacte en la memòria de l'alumnat. En el cas del cicle urbà de l'aigua, aquestes vivències són encara més necessàries perquè les ciutats tenen ocultes les instal·lacions que sostenen el seu funcionament i això fa que sigui més difícil prendre consciència de la importància de fer un ús sostenible d'aquest recurs. I en el cas de les escoles situades en àrees urbanes (com les del present estudi), les sortides al medi natural constitueixen vivències úniques perquè en general, l'alumnat

té poques oportunitats per contactar amb el medi natural i aprendre d'aquesta experiència. Part de l'efectivitat d'aquestes activitats externes també s'explica perquè les mestres les van integrar a les seves programacions i per tant, no van ser quelcom puntual sinó que tenien un sentit en el procés d'aprenentatge. Així doncs, és imprescindible que les activitats externes es connectin amb d'altres realitzades a l'aula que utilitzin diferents estratègies, recursos i llenguatges per promoure la construcció del coneixement sobre el cicle de l'aigua (experimentals, recerca, de metareflexió sobre el propi procés d'aprenentatge, d'intercanvi entre alumnes, maquetes, acció ambiental...).

En l'actual societat del coneixement, com diu Innerarity (2010), és necessari identificar què és allò realment important d'aprendre a l'escola i, per aquest motiu, identificar quins són els continguts que cal aprofundir des de l'escola ja sigui perquè és on l'alumnat té més dificultats o perquè responen a qüestions socialment rellevants però que encara no estan prou presents a la societat (com ara la crisi ambiental). En el cas d'aquesta diagnosi, els resultats suggereixen la necessitat de replantejar alguns dels enfocaments de les activitats o projectes relacionats amb l'aigua en els següents àmbits:

- a) aprofundir en la comprensió del procés de la condensació per tal que l'alumnat identifiqui clarament les causes (transferència de calor) tal i com ja ho fa en el cas del procés d'evaporació;
- b) reconèixer l'existència de les aigües subterrànies com a magatzem del cicle natural ja que, si no s'identifiquen serà un obstacle per comprendre part de les causes de la crisi de l'aigua (sobreexplotació aigües subterrànies);
- c) introduir el cicle natural i urbà de l'aigua de manera integrada per tal de prendre consciència de la interacció dels sistemes humans amb els naturals;
- d) conèixer com l'energia intervé en els dos cicles de l'aigua, com flueix i com es degrada en cada procés o canvi;
- e) ajudar a identificar i reflexionar sobre quines són les accions ambientals més efectives per a la conservació dels recursos hídrics, especialment les relacionades amb els usos indirectes de l'aigua.

Aquests replantejaments requereixen que el professorat identifiqui aquestes dificultats descrites i que desenvolupi propostes orientades a afavorir la regulació metacognitiva de l'alumnat. Així com també, que seleccioni models de *cicles* que afavoreixin aquesta millora de les idees inicials. A més a més, també ha de ser conscient de la importància educativa de plantejar qüestions noves i rellevants que a la societat encara no hi són presents (com el tema de l'energia en el cas del cicle urbà o la qüestió de les actituds més efectives) ja que ajuden a comprendre les causes de fons de la crisi ambiental de l'aigua.

D'altra banda, els resultats també ens han indicat la influència d'altres variables en l'aprenentatge com les característiques dels grups, la participació a BcnE+S i possiblement, tot i que no s'hi ha aprofundit, el paper i la formació de les mestres.

Per comprovar si les activitats i condicions identificades en la fase exploratòria es mostren efectives per promoure un aprenentatge més significatiu sobre el cicle de l'aigua, des de la perspectiva científica i ambiental, s'ha realitzat una nova recerca en una tercera escola pública de Barcelona (E3) els resultats dels quals es presenten en els següent apartat.

4.2 OBJECTIU 2: RESULTATS DE LA CONTRIBUCIÓ D'UN PROJECTE DE CURS A LA FORMACIÓ DE LA CULTURA AMBIENTAL DE L'AIGUA.

En aquest apartat es presenten els resultats de la recerca que s'ha dut a terme en el marc d'un projecte de curs de 4t de primària sobre l'aigua realitzat en una escola pública (E3) vinculada al programa BcnE+S. L'objectiu és comprovar com les activitats identificades a les dues primeres escoles contribueixen a millorar la cultura ambiental de l'aigua. En el cas del grup del projecte (gp), s'han recollit dades en diferents moments temporals: E3gpi (inici), E3gpd (durant), E3gp1 (un any després), E3gp2 (dos anys després). En els altres dos grups, les dades han estat recollides un any després (E34 i E36).

En primer lloc es presenta una anàlisi descriptiva dels resultats a partir de les dades obtingudes a través del qüestionari. En segon lloc, s'inclou l'anàlisi descriptiva de les activitats realitzades i aquestes es relacionen amb els records de l'alumnat. En darrer lloc, es presenta l'anàlisi interpretativa que aprofundeix en com les activitats realitzades han contribuït en el procés d'aprenentatge sobre l'aigua i les raons que expliquen les dificultats no superades.

A l'annex (annex_objectiu2) s'inclou la relació de dades (qüestionari, entrevistes, documentació del centre), els articles publicats relacionats amb aquesta part de la recerca, els documents de retorn de resultats als centres i els networks generats pel programa Atlas.ti.

4.2.1 Anàlisi descriptiva dels resultats sobre l'estudi de la formació de la cultura ambiental de l'aigua

A continuació es presenten els resultats de l'anàlisi del qüestionari i es descriuen els aspectes més destacats. La informació s'ha organitzat en els mateixos apartats descrits a l'objectiu 1: coneixement del cicle natural, coneixement del cicle urbà, coneixements d'aspectes actitudinals, posicionament en la resolució d'un problema ambiental i la capacitat d'argumentar a favor d'un ús més sostenible de l'aigua.

A. Coneixements del cicle natural

Els resultats de l'anàlisi de les representacions del cicle natural realitzades en els tres grups (Taula 37) mostren que l'alumnat tendeix a representar un model de cicle natural centrat en la circulació superficial, tal i com també s'ha detectat en les altres dues escoles. Tanmateix les representacions fetes pel grup del projecte (Egp1 i Egp2) destaquen per ser les úniques (de les tres escoles analitzades) que tenen un percentatge més elevat d'alumnes que han representat models de cicle natural que tenen en compte la circulació subterrània.

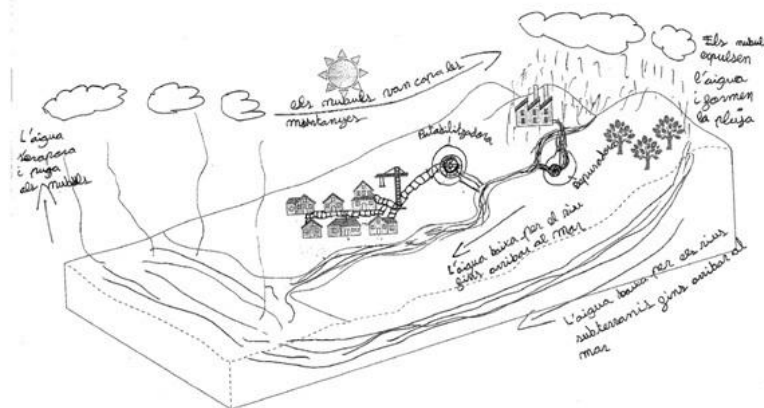
Taula 37. Coneixement del cicle natural. Freqüències relatives (E3)

Tipologia de representació (Márquez, 2002)	E3gp1	E3gp2	E34	E36
No dibuixen	32%	9%	10%	29%
Model no cíclic	20%	5%	10%	5%
Model atmosfèric	4%	23%	0%	5%
Model superficial	16%	45%	81%	57%
Model subterrànies	24%	5%	0%	0%
Model sub. reserva independent	4%	0%	0%	0%
Model integrador	0%	14%	0%	5%

Font: elaboració pròpia utilitzant la classificació proposada per Márquez (2002). Sent E3gp1 (Escola 3 grup de projecte, enquesta 1 any després), E34 (Escola 3, 4t curs) i successivament.

Les diferències entre les representacions realitzades dos anys després del projecte (Egp2) respecte a les realitzades un any després (Egp1) mostren que l'alumnat ha continuat aprenent al llarg d'aquest període. I aquesta dada és indicadora de que la metodologia de treball ha afavorit una competència vers "l'aprendre a aprendre" enlloc d'un aprenentatge memorístic, que és oblidat al cap de poc temps. Aquestes millores en els resultats es manifesten en una disminució del percentatge de no resposta i dels models no cíclics i un augment dels models de circulació superficials, i en menor percentatge, dels subterrànies.

Il·lustració 15. Exemple de representació del model integrador (Egp2, alumne 1)



D'altra banda, els resultats de les característiques més específiques de les representacions del cicle natural (taula 38) mostren la mateixa tendència constatada en els resultats de l'objectiu 1, de realitzar cicles molt esquemàtics i simples que inclouen poques explicacions. Tot i així, es destaquen algunes diferències destacables entre els grups.

Taula 38. Característiques de les representacions del cicle natural (E3)

Característiques	E34	E3gp2	E36
Realitza una representació no cíclica (cicle obert)	10%	5%	5%
Identifica l'evaporació de l'aigua dels magatzems oceànics	71%	82%	52%
Identifica l'evaporació de l'aigua dels magatzems continentals	0%	5%	0%
Explica el procés de l'evaporació	29%	0%	5%
Identifica els magatzems atmosfèrics (núvols)	90%	77%	62%
Explica el procés de condensació	5%	41%	5%
Representa processos de solidificació/fusió	14%	9%	0%
Representa el procés d'infiltració de l'aigua	0%	9%	5%
Representa surgències de l'aigua	0%	0%	0%
Considera les aigües subterrànies	0%	18%	5%
Identifica o explica com l'energia del sol intervé en el cicle	62%	23%	10%
Explica com la força de la gravetat intervé en el cicle	0%	0%	0%

Font: elaboració pròpia. Sent E34 (Escola3, 4t curs), E3gp2 (Escola 3, grup projecte, enquesta 2 anys després) i E36 (Escola 3, 6è curs).

En primer lloc, el grup E34 és el que inclou més explicacions sobre el procés d'evaporació i considera de manera explícita com l'energia del Sol intervé en aquest procés. Per altra banda, el grup del projecte (E3gp2) destaca per incloure més explicacions relacionades amb el procés de condensació tot i que, aquestes són poc precises i inclouen idees diverses que no sempre són pròximes a l'explicació científica. En l'anàlisi interpretativa dels resultats s'aprofundirà en aquesta qüestió.

B. Coneixement del cicle urbà

Els resultats de l'anàlisi de les tipologies de representacions del cicle urbà (Taula 39) mostren una gran diversitat de maneres de representar-lo que són reflex del desconeixement del seu funcionament real. Aquest desconeixement s'ha pogut evidenciar en el cas del grup del projecte ja que van realitzar representacions abans d'iniciar-lo (E3gpi). L'anàlisi d'aquestes representacions inicials i la seva comparació amb les realitzades durant el desenvolupament del projecte (E3gpd) i anys després (E3gp1 i E3gp2) han permès evidenciar l'evolució dels aprenentatges sobre el cicle urbà com a conseqüència de les activitats realitzades.

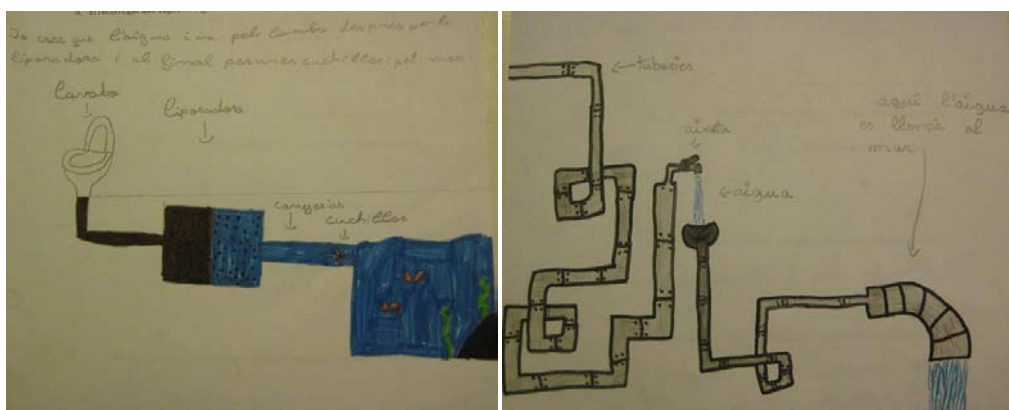
Taula 39. Coneixement del cicle urbà. Freqüències relatives (E3)

Tipologies de representació del cicle urbà	E3gpi	E34gpd	E3gp1	E3gp2	E34	E36
No el dibuixen	0%	0%	0%	0%	5%	48%
Model no cíclic	88%	16%	32%	5%	52%	48%
Model transport de l'aigua	0%	0%	4%	9%	19%	0%
Model transport i un tractament	0%	4%	32%	32%	14%	0%
Model tractament abans i després	12%	12%	24%	45%	10%	5%
Model potabilització i depuració	0%	60%	4%	9%	0%	0%
Model abastament i sanejament	0%	8%	4%	0%	0%	0%

Font:elaboració pròpia utilitzant els criteris definits prèviament per aquesta recerca (Castelltort&Sanmartí, 2014). Sent E3gpi (Escola 3, grup projecte, coneixements inicials) i E3gpd (Escola 3, grup projecte, coneixements durant el projecte)

Els resultats de les representacions inicials del grup del projecte (E3gpi) responen majoritàriament a un model de representació no cíclic que evidenciaria el poc coneixement envers el funcionament del cicle urbà de l'aigua. En termes generals, tendeixen a ser representacions descontextualitzades (no ubicades en l'entorn proper) i en les que no es mostra un tancament entre les entrades i les sortides (el fet que l'aigua cal extreure-la del medi i retornar-la).

Il·lustració 16. Exemples de representacions inicials cicle urbà (E3 alumne 19 i 13)



Analizant les característiques més detallades de les representacions inicials (E3gpi, taula 40) s'observa que: només 3 alumnes (12%) han representat un cicle tancat en el que s'identifica clarament la necessitat d'agafar aigua del medi natural i de retornar-la; un 9/25 alumnes (36%) no han dibuixat un punt de captació clar de l'aigua (i els que ho han fet, majoritàriament és el mar); un 15/25 alumnes (60%) no han representat cap sistema per tractar l'aigua abans o després de ser consumida; només 2 alumnes (8%) han identificat la necessitat de tractar l'aigua abans i després tot i que no han anomenat aquests processos pels seu nom (potabilització i depuració).

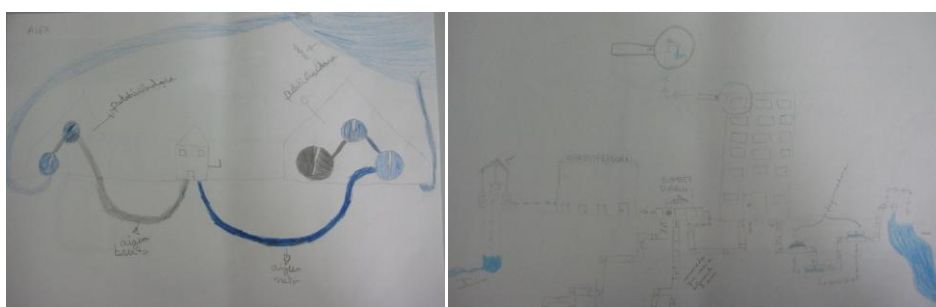
Taula 40. Característiques representacions del cycle urbà. Freqüències relatives (E3)

Característiques dels cicles urbans representats	E3gpi inici projecte (12-13)	E34gpd durant projecte (12-13)	E3gp1 un any després (13-14)	E3gp2 2 anys després (14-15)	E34 (13-14)	E36 (13-14)
Representar un cycle urbà tancat	12%	84%	68%	95%	43%	5%
Identificar un punt de captació de l'aigua	64%	96%	88%	100%	67%	38%
No preveure cap tractament de l'aigua	60%	0%	16%	9%	57%	86%
Preveure un tractament de l'aigua abans o després del seu consum	32%	4%	48%		33%	5%
Identificar la necessitat de tractar l'aigua abans i després del seu consum	8%	96%	36%		10%	10%
Considerar els aspectes energètics	0%	64%	24%	23%	5%	0%

Font: elaboració pròpia

Durant el desenvolupament del projecte, i posteriorment a la visita al Museu de les Aigües, els models de representació del grup del projecte (veure E3gpd de la taula 40) han evolucionat cap a models tancats (84%) en els que es representa clarament el punt de captació de l'aigua al riu, mar o pou (96%) i es diferencia entre la necessitat de potabilitzar l'aigua abans del seu consum i de depurar-la abans de retornar-la al medi natural (96%). Fins i tot més de la meitat de l'alumnat (64%) ha considerat les necessitats energètiques del transport d'aigua cap a les cases a través de la representació del sistema de bombeig que impulsa l'aigua cap als dipòsits elevats i que van poder observar en el Museu de les Aigües.

Il·lustració 17. Exemple de representació del cycle urbà realitzada després de la visita al Museu de les Aigües (E3gp2 alumne 19 i alumne 13)



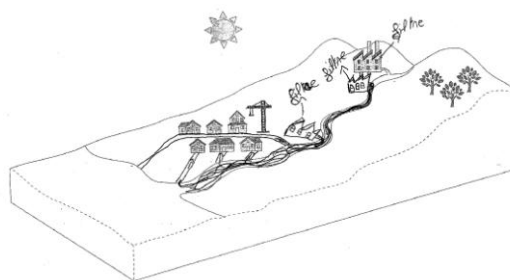
L'evolució de la comprensió del cycle urbà de l'aigua també s'evidencia en les representacions realitzades un i dos anys després de realitzar el projecte (E3gp1 i E3gp2). Tal i com també s'ha comprovat en la recerca de Pessoa (1990) -referenciada per Sanmartí (2002)-, el temps de l'ensenyament sovint no coincideix amb el d'aprenentatge. I per aquest motiu, que l'alumnat hagi millorat les representacions del cycle de l'aigua dos anys després de finalitzar el projecte, és indicador de que ha

continuat aprenent al llarg d'aquest període fent connexions amb la seva vida quotidiana.

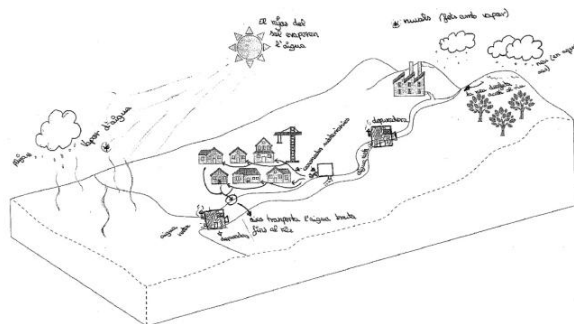
Els resultats també mostren com l'alumnat del grup del projecte ha representat models de cicle urbà més complerts que els inicials (E3gpi) i que les realitzades pels altres dos grups de la mateixa escola (E34 i E36). Com s'explicarà més endavant, en el cas dels altres dos grups cal fer constar que només havien realitzat alguna activitat de caràcter puntual relacionada amb el cicle urbà.

D'altra banda, comparant les característiques de les representacions del grup del projecte realitzades dos anys després (E3gp2) respecte a les realitzades durant el projecte, hi ha idees que sembla que han estat parcialment oblidades. Per exemple, com s'exemplifica en l'exemple de la Il·lustració 18, s'ha reduït del 96% al 55% el nombre d'alumnes que representen models que integren la idea de tractar l'aigua abans i després del seu consum. També hi ha representacions (Il·lustració 19) que ja no han diferenciat els processos de potabilització i depuració de l'aigua. En aquest cas, s'ha reduït de 60% al 9% el percentatge d'alumnes que ha fet aquesta diferenciació. També cal afegir que s'ha reduït del 64% al 23% el nombre d'alumnes que han tingut en compte les necessitats energètiques del cicle urbà.

Il·lustració 18. Exemple de representació del cicle urbà dos anys després (E3gp2 alumne 19)



Il·lustració 19. Exemple de representació del cicle urbà dos anys després (E3gp2 alumne 13)



En síntesi, l'alumnat ha progressat en representar cicles tancats, incloure els punts de captació i en tenir en compte com a mínim un dels tractaments de l'aigua. Tot i que algunes dades mostren que part dels aprenentatges s'han "oblidat" amb el temps,

globalment el grup ha progressat en relació al seu punt de partida. I comparant els seus resultats amb els altres grups de la mateixa escola, mostren tenir més coneixement del cicle urbà de l'aigua.

C. Coneixement d'accions proambientals

En el cas del grup del projecte (E3gpi), els resultats dels coneixements inicials d'accions proambientals envers l'ús sostenible de l'aigua (Taula 41) contenen idees poc variades i estereotipades, vinculades als usos directes de l'aigua (tancar l'aixeta, dutxar-se enlloc de banyar-se, entre d'altres).

En canvi, un any més tard, les accions anomenades pel grup del projecte (E3gp1 i E3gp2) són més diverses i integren idees més interessants, com per exemple, la prevenció de la contaminació. Tot i així, les accions socialment més esteses continuen sent les que presenten més freqüència de citacions, mentre que les accions orientades a altres usos domèstics (tasques domèstiques), l'ús de dispositius d'estalvi o les accions orientades a la reutilització són menys esmentades així com tampoc no hi ha cap referència vinculada amb els usos indirectes de l'aigua.

En relació a la categoria de la prevenció de la contaminació, es destaca que quasi una tercera part de l'alumnat dels tres grups ha anomenat consells que hi estan relacionats. Tanmateix aquestes citacions fan referència a accions molt genèriques com “no llençar residus al riu o al mar” excepte en el cas del grup del projecte, que han fet referència a accions més concretes i més lligades als hàbits quotidians com ara “no llençar productes al vàter o a l'aigüera”, encara que no sempre s'ha exemplificat quins són els productes que no s'han de llençar.

Taula 41. Accions proambientals a favor d'un bon ús de l'aigua (E3)

	<i>Accions citades</i>	<i>E3gpi</i>	<i>E3gp1</i>	<i>E3gp2</i>	<i>E34</i>	<i>E36</i>	<i>TOTAL E3</i>
Actituds de reducció del consum	Tancar l'aixeta	17	22	13	9	6	34%
	Estalviar en el bany	9	7	3	1	5	11%
	Estalviar en el vàter		2	0	1	0	2%
	Usar dispositius d'estalvi		0	0	0	1	1%
	No jugar amb l'aigua		2	6	3	5	11%
	Estalviar en altres usos domèstics (rentar plats...)		2	5	3	8	12%
Actituds Reutilització	Reutilitzar l'aigua		0	1	2	3	4%
Actituds prevenció	No contaminar		8	13	8	5	23%
	Estalviar en general	3	1	1	3	0	3%
	TOTAL	29	44	42	30	33	

Font: elaboració pròpia

A la següent taula, es mostra com en el cas del grup del projecte, la tipologia d'actituds proambientals s'ha diversificat dos anys després de realitzar el projecte (E3gp2) com a conseqüència de les activitats realitzades, especialment, en el cas de la prevenció de la contaminació.

Taula 42. Tipologia d'actituds proambientals anomenades (E3)

Tipologia d'actitud proambiental	E3gpi	E3gp1	E3gp2	E34	E36
Estalvi en general	10%	2%	2%	10%	0%
Reducció del consum	90%	80%	67%	57%	76%
Reutilització de l'aigua	0%	0%	2%	7%	9%
Prevenció de la contaminació	0%	18%	29%	27%	15%

Font: elaboració pròpia

D'altra banda, en el grup del projecte també s'ha pogut identificar els coneixements inicials sobre com les accions quotidianes contaminen l'aigua. Els resultats (Taula 43) mostren que l'alumnat té dificultats en identificar què embruta l'aigua ja que els que pocs que ho han fet, només han fet referència al sabó, a la pasta de dents o a les deixalles (en general) que s'hi aboquen. En canvi, ningú no ha identificat contaminants d'origen domèstic que habitualment arriben a les depuradores i que es podrien evitar com ara els greixos (oli de cuina), la matèria orgànica (restes de menjar), els residus sòlids (tovallolletes, bastonets,...) o els sabons i detergents (productes de neteja,...).

D'altra banda, l'alumnat també té tendència a relacionar la contaminació més amb la brutícia present en els objectes (al cos, a les mans, als plats) que no pas amb els productes que s'utilitzen per netejar-la o als residus que s'aboquen a l'aigüera. A l'hora de plantejar les solucions a la contaminació de l'aigua, aquestes es mostren coherents amb la pròpia idea de "contaminació" i els "contaminants" de l'aigua i per això, només esmenten accions relacionades amb els sabó, la pasta de dents, el no llençar deixalles (sense especificar) i en alguns casos, també hi ha qui ha afirmat que el sabó neteja l'aigua (enlloc d'embrutar-la).

Taula 43. Respostes al qüestionari inicial sobre les causes de la contaminació (E3gp)

Com embrutem l'aigua?	Què podríem fer per millorar-ho?
sabó	Usar menys sabó/ usant pasta de dents
papers/deixalles	Llençar menys paper/deixalles
orina/excrements	No embrutar
brutícia cos/pols	
Altres:	Altres:
Parlen d'usos de l'aigua	No usar aigua
	No malgastar aigua
	Utilitzar sabó
	Diu que no ho sap

Font: elaboració pròpia

L'anàlisi d'aquestes respostes va esdevenir una referència per a la mestra del grup del projecte a l'hora de planificar activitats orientades a la identificació de les causes de la contaminació de l'aigua amb l'objectiu d'ajudar a identificar de manera argumentada noves accions proambientals orientades a la prevenció de la contaminació de l'aigua.

D. Posicionament en la resolució d'un problema ambiental

Les solucions davant del problema ambiental de la contaminació de l'aigua són molt diverses i a la Taula 44 s'observa que, tal i com també s'havia detectat en les altres dues escoles, la major part d'elles no es plantegen des del punt de vista de la gestió dels residus en origen.

Tanmateix, cal destacar que el grup del projecte, i respecte a la totalitat de grups analitzats de les tres escoles, és el que presenta un percentatge més elevat de solucions a la pròpia fàbrica per prevenir la contaminació del riu. Una dada que és coherent amb el fet de mostrar més coneixements d'actituds orientades a la prevenció de la contaminació (resultats presentats a l'apartat anterior) i que també s'han utilitzat (transferit) per a la resolució d'aquest problema.

Taula 44. Tipologia de solució al problema ambiental. Freqüències relatives (E3)

Tipologia solució	E3gp1	E3gp2	E34	E36
No fan res	33%	10%	38%	33%
Eliminen la fàbrica o la canvien de lloc	10%	19%	24%	19%
Traslladen el problema	0%	0%	14%	10%
Apliquen solucions tecnològiques al riu	38%	62%	5%	14%
Apliquen solucions tecnològiques a la fàbrica	38%	14%	19%	24%

Font: elaboració pròpia a partir de la proposta d'Alves i Sanmartí (1994).

Dels exemples mostrats anteriorment, la solució de l'alumne 13 (il·lustració 19) ha estat categoritzada com a solució tecnològica al riu, ja que ubica la depuradora al riu. L'alumne 1 i 19 han estat categoritzats com a solucions tecnològiques a la fàbrica per bé que apliquen solucions diferents. L'alumne 1 (il·lustració 15) transporta els abocaments fins a la depuradora, ubicada en un altre indret i l'alumne 19 (il·lustració 18), ubica "filtres" a la mateixa fàbrica.

E. Capacitat d'argumentar a favor de l'ús sostenible de l'aigua

En el cas del grup del projecte, com es mostra a la taula 45, es destaca una clara evolució respecte a les argumentacions inicials (E3gp1) on l'alumnat respon sense aprofundir en les seves explicacions (nivell descriptiu) cap a argumentacions de caràcter explicatiu i justificatiu, un any després de realitzar el projecte. És a dir, que la comparació de les argumentacions inicials i finals senyalen una evolució d'aquestes ja que s'utilitzen més els coneixements del cicle natural (per exemple, la idea de reserves d'aigua, que costa d'aconseguir, la dependència amb les precipitacions) o bé del cicle

urbà (per exemple, que si es contamina, hi ha menys aigua disponible o que si es consumeix excessivament, baixen les reserves).

Taula 45. Tipologia d'arguments a favor d'un bon ús de l'aigua (E3)

<i>Arguments</i>	<i>E3gpi</i>	<i>E3gp1</i>	<i>E3gp2</i>	<i>E34</i>	<i>E36</i>
No argumenta	28%	4%	0%	0%	10%
Fa referència enunciat	4%	12%	0%	0%	10%
Descriptius	44%	4%	36%	29%	10%
Explicatius simples	24%	48%	45%	62%	57%
Explicatius complexos	0%	24%	14%	10%	10%
Justificatius	0%	8%	5%	0%	5%

Font: elaboració pròpia utilitzant uns criteris prèviament definits

Aquests resultats indiquen que el coneixement és necessari per afavorir que l'alumnat pensi i elabori arguments sobre les qüestions ambientals, un aspecte imprescindible per fomentar l'acció des de la perspectiva de competència. A continuació es mostra un exemple d'aquesta evolució en el text argumentatiu inicial i final d'un mateix alumne:

Figura 56. Comparació de l'evolució de l'argumentació de l'alumne 13

<p>Argumentació inicial categoritzada com a argument descriptiu: <i>“La meva mare tanca l'aixeta a l'ensabonar els plats. Crec que és important perquè no gasta tanta aigua”.</i></p> <p>Argumentació realitzada 2 anys després del projecte categoritzada com a argument justificatiu: <i>“Hi ha gent que no té prou aigua per viure. L'aigua bruta és molt difícil de netejar. L'aigua és molt valuosa”</i></p>

En el cas de la resta de grups, les argumentacions es situen principalment a la tipologia anomenada “explicatiu simple” que són indicadores de que l'alumnat comprèn clarament el concepte “del bon ús de l'aigua” ja que l'associa a una causa (per exemple, “no malgastar”, “la importància d'estalviar-ne”) o conseqüència (com ara, “no contaminar-la”). En canvi, el percentatge d'alumnes que elaboren argumentacions més complexes o justificatives, que inclouen els coneixements del cicle de l'aigua, és menor.

F. La visió de futur

En el qüestionari inicial, es va plantejar la pregunta “Tu què penses que passarà amb l'aigua en el futur?” i en el qüestionari final (1 any i 2 anys després) es va tornar a formular la mateixa pregunta “Després de realitzar un projecte sobre l'aigua i el futur, tu què penses que passarà amb l'aigua en el futur?”. L'anàlisi i la comparació entre les respostes inicials i les finals (Taula 46) mostren una evolució de les respostes cap a una visió de futur on les persones tenen un paper més protagonista. A l'enquesta inicial, els escrits contenien idees molt simples, per exemple, mentre que un 52% de les respostes manifesten una visió positiva (hi haurà més aigua, estarà més neta, tindrà més bon gust),

un 34% mostrava una visió negativa descrivint les mateixes idees que els companys però en negatiu (hi haurà menys aigua, estarà més bruta, serà més cara, ens faltarà). Només 3 alumnes van exposar una visió incerta del futur (hi haurà menys o més aigua, estarà més o menys bruta) i només un d'ells, va exposar una visió de futur relacionada amb les actituds ambientals de les persones (si malgastem, ens quedarem sense aigua).

En canvi, un any i dos anys després de realitzar el projecte, augmenta el nombre d'alumnes amb una visió de futur protagonista on les persones i les seves accions tenen una influència en la construcció del futur (en aquest cas, el futur de l'aigua). D'altra banda, tot i que continuen predominant les visions positiva i negativa, aquestes inclouen més idees i d'altres de noves com per exemple, la qüestió de la contaminació o el paper de la tecnologia i sovint han creat visions de caràcter mixt (visió positiva-tecnològica, visió igual-tecnològica....). A la categoria *altres* s'hi ha inclòs les visions que contenen idees de ficció.

Taula 46. Evolució de la visió de futur (E3gp)

Visió de futur	Enquesta inicial	Qüestionari 1 any després	Qüestionari 2 anys després	Exemples
Positiva	52%	30%	22%	<i>E3E2 Alum20 "Jo penso que al futur l'aigua no estarà tant contaminada com ara"</i>
Negativa	34%	30%	22%	<i>E3E2 Alum14 "que cada cop hi haurà més sequeres (perquè aniran contaminant més la capa d'ozó...)"</i>
Protagonista	3%	13%	15%	<i>E3E2Alum12 "Que hi haurà més i més aigua perquè la utilitzarem millor que ara. Tindrem mes cura de no gastar-la"</i>
Incerta	10%	0%	4%	<i>E3E2 Alum11 "A vegades penso que ens quedarem sense aigua, però altres vegades penso que l'aigua no s'acabarà mai"</i>
Igual	0%	13%	11%	<i>E3E2Alum23 "Jo crec que tot seguirà igual"</i>
Tecnològica	0%	7%	15%	<i>E3E2Alum5 "que crearem màquines per utilitzar millor, que l'aigua que es contaminarà menys, que tindrem més tecnologia per l'aigua"</i>
Altres	0%	7%	11%	<i>E3E2Alum8 "Penso que podràs emportar-te aigua en la mà o en una bossa sense tenir que estar en una ampolla. O que serà hologràfica"</i>

Font: elaboració pròpia

4.2.2 Anàlisi descriptiva de la contribució de les activitats realitzades en l'aprenentatge

A continuació es presenta la relació d'activitats realitzades per l'E3 i agrupades segons les propostes de classificació d'activitats suggerides per Cañal et al. (1993) i Sanmartí (2002). A l'apartat A, es detallen les activitats realitzades en el marc del projecte *aigua i futur*, ja que ha estat el grup on s'ha dut a terme un seguiment i s'ha relacionat el nombre d'activitats fetes (AF) amb les activitats recordades (AR) per l'alumnat i incloent la freqüència total de les activitats recordades (FAR). A l'apartat B, es descriuen les activitats realitzades en els altres dos grups de l'escola ja que la temàtica de l'aigua va ser tractada de manera més puntual.

La informació ha estat extreta de l'anàlisi de la documentació escrita i de les entrevistes al professorat.

A. Escola 3: grup del projecte

Les activitats realitzades en el grup de 4t en el marc del projecte *aigua i futur*, s'han desenvolupat al llarg de tot el curs escolar i es presenten a la següent taula.

Taula 47. Recull de la tipologia d'activitats realitzades i records a l'E3

Tipologia d'activitats	Nº AF	Nº AR	FAR	Activitats E3gp
Orientades a percebre fets directament i construir-los	7	3	11	Treballs pràctics: on trobem aigua (experiència poma, (2+1) planta, (2+4) infiltració de l'aigua, observació de la boira). Els estats i propietats de l'aigua (congelació). Les necessitats éssers vius (experiència germinació de llavors). (0+2) Visita al Museu de les Aigües
Orientades a percebre fets indirectament i construir-los	7	6	44	(2+6) Taller "Gota gotham" (vídeo, làmines, joc) (5+4) Interpretació d'un esquema del cicle natural de l'aigua Cartellera amb informacions aportades pel grup (2+0) Mostres aigua de diferents "magatzems" (15+8) La capsa del futur (1+0) Xerrada familiar sobre el cicle urbà de l'aigua (1+0) Visites de l'Alba
Orientades a construir coneixement de manera materialitzada	2	1	3	(2+1) Taller dels robots (Cosmocaixa) Construcció de maquetes de robots que milloren problemes de l'aigua
Orientades a construir coneixement interactuant amb els altres i altres fonts d'informació	4	1	29	Converses inicials per la tria del tema del projecte (plantejar preguntes, agrupar-les, escollir-les) Conversa inicial i disseny dels robots Exposició de robots On trobem aigua: l'aigua al cos, l'aigua al planeta (magatzems) (15+14) Taller pictoescriptura
Orientades a construir coneixement reflexionant individualment	4	2	4	(3+0) Dibuix inicial i hipòtesis sobre "què passarà en el futur" Qüestionari inicial sobre l'aigua Metareflexions tallers ("Gota gotham", cosmocaixa, museu, vídeo final de curs) (1+0) Activitats individuals (dibuix dels tres estats, l'aigua al cos)
Orientades a l'acció ambiental	6	2	8	Drets i deures dels infants i la seva relació amb l'aigua (0+5) Usos de l'aigua, impactes de l'aigua i solucions (seleccionar un problema per contribuir a la seva solució (funció robot); Entrada al blog sobre problemes de l'aigua i els robots creats) (0+3) Pensar maneres en com embrutem l'aigua directa i indirectament (Consells ús de l'aigua: què pot fallar?) Ecoauditoria consum d'aigua a la llar (calculadora) Propostes per la millora de la gestió de l'aigua a l'escola
Altres records			14	(5+6) Tractaments de l'aigua (3+0) Cicle urbà

Font: elaboració pròpia a partir de les propostes de classificació d'activitats proposades per Cañal et al. (1993) i Sanmartí (2002). Sent AF (Activitats Fetes); AR (Activitats Recordades); FAR (Freqüència Activitats Recordades). S'han inclòs els records citats a les dues enquestes (records 1 any després + records 2 anys després).

Alguns dels aspectes més destacats de la taula anterior són els següents:

- **Les activitats orientades a construir fets directament i a construir-los**, han contemplat la realització de diferents propostes experimentals (projecte ciències 6-12) que han partit de l'observació, el plantejament de preguntes i d'hipòtesis, la realització d'experiències per comprovar-ne els resultats i l'elaboració de conclusions. Com per exemple, l'experiència sobre la infiltració de l'aigua que va sorgir a partir d'un context real (presència de bassals al pati després d'un dia de pluja). D'altra banda, aquest grup també ha visitat i realitzat un taller al Museu de les Aigües amb l'objectiu de millorar la comprensió sobre el funcionament del cicle urbà de l'aigua.
- **Les activitats orientades a percebre fets indirectament i a construir-los.** L'activitat més recordada ha estat la capsa del futur (esmentada pel 60% dels alumnes en l'enquesta del primer any) ja que ha esdevingut un fil conductor al llarg de tot el projecte que generava discussió sobre els objectes o materials a dipositar-hi en funció de la seva rellevància. Una altra activitat realitzada i molt recordada ha estat el taller "Gota gotham" que en el cas d'aquest grup, ha servit per introduir per primera vegada continguts sobre el funcionament del cicle urbà de l'aigua ja que aquest taller es va realitzar pocs dies després de respondre l'enquesta inicial (on havien de dibuixar com s'imaginaven el recorregut de l'aigua per la ciutat). L'alumnat també ha fet referència a altres activitats d'estructuració com és el cas de la interpretació del cicle natural i la xerrada d'un familiar.
- **Les activitats orientades a construir coneixement de forma materialitzada.** Tot i que pocs alumnes han anomenat el taller de robots, aquest va ser programat com a resposta als interessos de l'alumnat ja que els robots configuren la seva visió de futur. Aquest taller, realitzat al Cosmocaixa, ha tingut com a funció principal obrir la "caixa negra" dels robots per conèixer exactament què són i experimentar amb ells. Posteriorment i amb l'objectiu de relacionar els robots amb el projecte de l'aigua, la mestra va plantejar un repte: "*ens han fet un encàrrec: hem de construir un robot que ens ajudi a millorar alguna cosa en relació a l'aigua*". Aquesta activitat que relaciona robots i aigua, ha servit per a reflexionar sobre les actituds i la problemàtica de l'aigua, com s'explicarà més endavant.
- **Les activitats orientades a interactuar amb altres persones i fonts d'informació.** La taula anterior recull una petita part de les activitats realment realitzades ja que la mestra del grup ha fomentat de manera continua espais de conversa i d'interacció (en parella, en petit grup o gran grup) en moltes de les activitats realitzades i mitjançant converses o tasques col·laboratives. En primer lloc, s'ha inclòs les converses inicials sobre el projecte perquè han tingut una doble funció, fer emergir les idees de l'alumnat i prendre decisions sobre els

continguts del projecte. En segon lloc, s'hi ha inclòs les converses relacionades amb el disseny dels robots perquè han permès compartir coneixements sobre la problemàtica ambiental de l'aigua. Finalment, l'activitat del taller de Pictoescriptura, que ha estat de les més recordades per l'alumnat, ha esdevingut una activitat d'estructuració de les idees per elaborar un conte de manera col·lectiva que parlés de l'aigua i el futur.

- **Les activitats orientades a construir coneixement reflexionant individualment.** Tot i que hi ha pocs records que es puguin relacionar directament amb aquesta tipologia d'activitats realitzades, si que n'hi ha d'altres, com els records que fan referència als continguts i aprenentatges del projecte que hi estan relacionats. D'altra banda, en el dossier de l'alumnat hi ha exemples de les metareflexions dels alumnes (enquesta "què he après?" o dibuix del cicle urbà després de la visita al Museu de les Aigües) sobre el propi procés d'aprenentatge que mostren com les diferents activitats realitzades, com s'aprofundirà més endavant, han estat efectives pel propi procés d'aprenentatge. També el qüestionari inicial sobre l'aigua, dissenyat en el marc de la recerca i contestat per l'alumnat abans d'iniciar el projecte, ha estat important per identificar dificultats, plantejar objectius i seleccionar activitats per assolir-los al mateix temps, que ha ajudat a l'alumnat a pensar per primera vegada amb el cicle urbà de l'aigua i fer emergir les seves idees inicials.
- **Les activitats orientades a l'acció ambiental.** És interessant destacar la diversitat d'activitats realitzades en relació a les actituds, encara que l'alumnat no esmenti gaires records. Moltes d'aquestes activitats han tingut com a eix la reflexió individual i col·lectiva en relació als usos directes (i en menor freqüència els usos indirectes), els problemes de l'aigua, com s'embruta l'aigua o el dret a l'aigua. En relació a aquest darrer punt, s'hi ha aprofundit a partir d'una iniciativa anual de centre en el marc dels Drets dels Infants. L'alumnat també ha utilitzat el recurs d'una calculadora on-line per identificar el consum d'aigua a llar i accions d'estalvi, per bé que no s'ha pogut saber si tots ells han acabat realitzant-la amb les seves famílies. El projecte ha finalitzat amb la identificació de mesures per fer un bon ús de l'aigua a l'escola amb el compromís de portar-les a discussió a la comissió de delegats.

B. Escola 3: els altres grups

A continuació es presenten les activitats realitzades pels grups E34 i E36 (Taula 48). Aquests grups han realitzat menys activitats perquè no van centrar els seus projectes exclusivament amb la qüestió de l'aigua. Tanmateix, s'ha considerat oportú destacar la relació d'activitats realitzades ja que algunes d'elles ajuden a interpretar els resultats obtinguts. En el cas del grup E34, que ha realitzat un projecte sobre els planetes, han vinculat l'aigua al projecte a partir de la pregunta "hi ha aigua a Mart?" i a partir de les propostes experimentals del projecte ciències 6-12. En el cas del grup E36, s'han

dedicat diverses sessions a reflexionar sobre el consum d'aigua a diferents regions del món a partir d'uns materials publicats per UnescoCat.

Taula 48. Recull de la tipologia d'activitats realitzades a l'E3 en relació a l'aigua

<i>Tipologia d'activitats</i>	<i>FR</i>	<i>Activitats E35</i>	<i>Activitats E36</i>
Orientades a percebre fets directament i construir-los	8	(3) Experiments projecte 6-12 (canvis d'estat) (4) Experiments sense especificar (1) Experiment planta	
Orientades a percebre fets indirectament i construir-los	21	(7) Taller "Gota gotham" (i segona visualització de la versió llarga de l'audiovisual amb la mestra) (4) Joc làmines (taller "Gota gotham") (3) video "Gota gotham" (7) Interpretació d'un esquema del cicle natural de l'aigua.	
Orientades a construir coneixement de manera materialitzada			
Orientades a construir coneixement interactuant amb els altres i altres fonts d'informació	16	(1) Cerca informació sobre l'aigua a Mart.	(9) Materials UnescoCat: recursos hídrics món, accés aigua i sanejament; aigua i salut; compartir l'aigua; Aigua al Sahara i a Catalunya; (4) Potabilització; Depuració; Dessalinització (2) cicle natural
Orientades a construir coneixement reflexionant individualment	5	(3) Primer control de la "vida escolar" del grup sobre el cicle de l'aigua. (2) Elaboració de mapes d'idees	
Orientades a l'acció ambiental		L'aigua com a element imprescindible per a la vida	Parlar de l'estalvi i el bon ús Analitzar les actituds que surten en el conte (materials UnescoCat)
Altres	4	(4) Tractaments de l'aigua	

Font: elaboració pròpia a partir de les propostes de classificació d'activitats proposades per Cañal et al. (1993) i Sanmartí (2002). Sent FR la Freqüència de Records esmentats per l'alumnat en el qüestionari.

Alguns dels aspectes més destacats de la taula anterior són els següents:

- **Les activitats orientades a percebre fets directament i a construir-los.** El grup E34 també ha realitzat una gran diversitat d'activitats d'experimentació semblants a les del grup del projecte per comprendre millor els processos i els canvis d'estat que tenen lloc en el cicle natural de l'aigua (evaporació, condensació, congelació, fusió...). A diferència del grup del projecte (E3gp) aquestes activitats, que formen part del projecte ciències 6-12, han estat molt anomenades per l'alumnat.

- **Les activitats orientades a percebre fets indirectament i a construir-los.** El grup E34, com el grup del projecte E3gp, ha realitzat l'activitat "Gota gotham" i també han realitzat activitats posteriors a l'aula. A diferència del grup del projecte, aquesta ha estat l'única activitat realitzada sobre el cicle urbà. Tanmateix l'elevada freqüència de records del grup E34 (relacionats directament amb l'activitat i relacionats amb continguts atribuïbles a la mateixa) indiquen que aquesta ha tingut un impacte important en la memòria de l'alumnat.
- **Les activitats orientades a interactuar amb altres persones i fonts d'informació.** El grup E36, ha utilitzat uns materials publicats sobre l'aigua per tractar aquesta temàtica mitjançant grups cooperatius. L'alumnat d'aquest grup, tot i que no recorda activitats concretes, sí que anomena una gran diversitat de records relacionats amb els continguts tractats. En aquests materials, el cicle natural no es presenta i el cicle urbà tampoc es presenta de manera integral però sí determinats processos per separat.
- **Les activitats orientades a construir coneixement reflexionant individualment.** Una de les activitats més destacades per part de la mestra del grup E34 durant l'entrevista, és la motivació i l'entusiasme de l'alumnat en la preparació i realització del primer control en l'àmbit escolar sobre el cicle de l'aigua. Aquesta activitat podria explicar, juntament amb les activitats experimentals, els bons resultats del grup en les representacions del cicle natural de l'aigua.
- **Les activitats orientades a l'acció ambiental.** Les actituds no van ser un eix gaire desenvolupat a les activitats realitzades. En el grup E34 es va aprofundir en aquesta qüestió en el joc d'observació de làmines del taller "Gota gotham". En el cas del grup E36, els materials utilitzats *Nalha i la família Riera. Històries d'aigua* publicats per UnescoCat inclouen un exercici per identificar actituds correctes i incorrectes envers l'ús de l'aigua.

4.2.3 Anàlisi interpretativa dels resultats de l'objectiu 2

En aquest apartat s'interpreta el conjunt de resultats presentats anteriorment i s'aprofundeix en la contribució de les diferents activitats realitzades en el procés d'aprenentatge de l'alumnat. S'ha posat especialment l'atenció en el grup del projecte (E3gp) ja que les diferents dades recollides durant el seu desenvolupament han permès evidenciar com ha evolucionat la formació de la cultura ambiental de l'aigua.

L'anàlisi que es presenta posa l'accent tant en les progressions detectades com també en les dificultats no superades. En el cas del cicle natural de l'aigua, s'interpreta com les activitats realitzades han contribuït en la progressió de la representació de les aigües subterrànies i també s'analitzen els motius pels quals no s'ha detectat una progressió en

relació a les causes del procés de condensació. En el cas del cycle urbà, s'interpreta com les activitats realitzades han contribuït a comprendre el seu funcionament i a identificar noves accions proambientals a favor de l'ús sostenible de l'aigua. I finalment, com les activitats han contribuït a construir una nova visió de futur més compromesa i responsable. A continuació s'aprofundeix en aquests aspectes tot mostrant-ne exemples.

A. Contribució a la progressió d'identificar i representar les aigües subterrànies

La dificultat d'identificar i representar les aigües subterrànies va ser una qüestió plantejada des de l'equip investigador a la mestra del grup del projecte a les reunions inicials realitzades (també amb la presència d'assessors Programa E+S) en la que es van exposar els resultats obtinguts a la primera escola analitzada. També es van facilitar algunes lectures de referència sobre activitats d'ensenyament-aprenentatge del cycle natural de l'aigua (Márquez & Bach, 2007; Márquez & Roca, 2001).

Aquesta intervenció va afavorir que la mestra prengués consciència d'aquesta dificultat transformant-la en objectiu d'aprenentatge a assolir al llarg del desenvolupament del projecte. I per aquest motiu va planificar activitats orientades a reconèixer la circulació subterrània de l'aigua.

Una d'aquestes activitats (Figura 57), sorgida aprofitant un context real de pluja, ha plantejat la pregunta “on ha anat a parar l'aigua de la pluja (pati)?” i a partir d'aquesta, s'han plantejat hipòtesis, s'han fet observacions, s'han realitzat dibuixos sobre què imaginem que hi ha sota terra, s'han fet converses i experiments per comprovar la infiltració de l'aigua en diferents mostres de sòl.

Figura 57. Activitats sobre infiltració de l'aigua incloses al dossier del projecte

El cycle de l'aigua:

Un dia de fortà pluja al matí, per la tarda ja no plou i sortim al pati a investigar i a rumlar una mica on ha anat a parar l'aigua de la pluja. Això ens porta a parlar de la filtració de l'aigua i de què hi deu haver sota terra.

Primer fem suposicions i fem un dibuix del què imaginem que hi ha sota terra. Més endavant la Julia i la Clàudia fan una conferència per explicar-ho bé a tots els nens i nenes de quart.

Quan ens posem a parlar del què ha passat amb l'aigua de la pluja, decidim que volem aprofundir una mica més en tés coses que són permeables i deixen passar l'aigua i les coses que no ho són.

I finalment pensem en portar diferents tipus de terra i experimentar com es filtra l'aigua a través de les diverses mostres.

Per on passa l'aigua? Per on no passa l'aigua?

Completa la taula amb exemples de diferents materials:

PERMEABLES	IMPERMEABLES	ABSORBENTS
Materials que deixen passar un líquid a través dels seus porus.	Materials que no deixen passar un líquid a través dels seus porus.	Materials que eleven que un líquid penetri o entri dins seu.
l'unter, tela, paper, cotó, esponja.	cartolina, metall, vidre, alumini.	Esponja, rotllet, material de llana.

Aprofitar contextos reals i transformar-los en situacions d'aprenentatge a partir de les quals les preguntes tenen més sentit és tan important com dedicar-hi el temps suficient per a desenvolupar aquests coneixements. Tal i com ho demostren els resultats, aquest grup classe ha destacat per tenir un percentatge més elevat d'alumnes que, en comparació a tots els grups analitzats de les tres escoles, ha representat models del cicle natural de l'aigua que inclouen la circulació subterrània un any després del projecte (al voltant d'un 28%).

B. Causes de les dificultats relacionades amb la condensació

A diferència de la dificultat de no reconèixer les aigües subterrànies, les dificultats de la condensació si que impliquen l'existència d'un obstacle de caire epistemològic que fa que l'alumnat tingui dificultat per entendre'l conceptualment, és a dir, com s'explica des del coneixement científic el canvi de vapor d'aigua a aigua líquida. També cal afegir que possiblement a les reunions inicials de l'equip investigadora amb la mestra, tampoc es va plantejar aquesta qüestió en profunditat. I en conseqüència, la mestra no va incloure aquesta dificultat com a objectiu d'aprenentatge.

Aquesta podria ser la raó per la qual, tot i la pertinència de les diferents activitats realitzades, aquestes no han pogut contribuir de manera efectiva al procés d'evolució de les idees inicials sobre la condensació cap a idees més pròximes a les explicacions científiques. Tot i que un 41% de l'alumnat (9/22) inclou a l'enquesta final textos escrits que fan referència a la condensació, aquests majoritàriament no aprofundeixen ni el procés (canvi d'estat) ni en les causes (transferència calor) i contenen molts implícits i ambigüitats que indiquen que possiblement aquest fenomen no ha estat comprès. De fet només 2/9 explicacions han fet referència al refredament del vapor tot i que de manera poc precisa:

E3E203 "l'aigua s'evapora i es forma un núvol [indica l'efecte de la radiació solar sobre l'aigua de mar]. Quan torna el fred el núvol es torna aigua, plou i l'aigua torna al mar."

E3E221 "L'aigua s'evapora formant núvols. Hi ha un canvi de temperatures i això fa que els núvols es converteixin en pluja o neu (si fa fred). La neu o la pluja cau al riu o mar."

La resta d'explicacions descrites en els dibuixos, mostren les mateixes dificultats i idees descrites en l'anàlisi interpretativa dels resultats de l'objectiu 1:

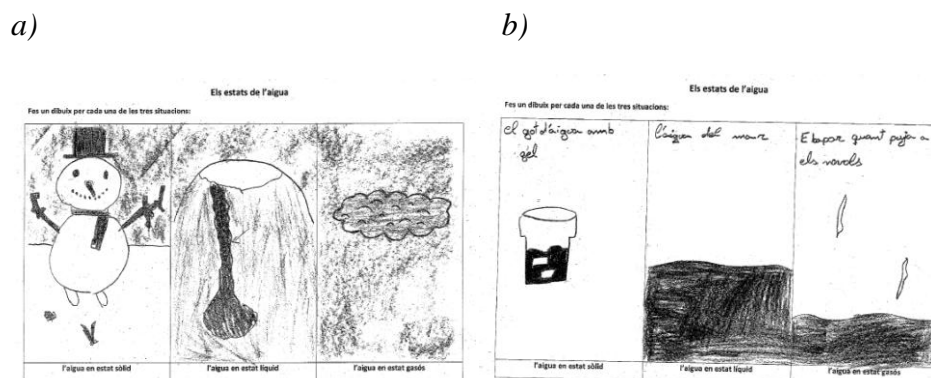
- Més facilitat per explicar les causes de l'evaporació que les causes de la condensació: *E3E213 "Els raig de sol evaporen l'aigua. El vapor d'aigua. Els núvols són fets de vapor i pluja"*.
- Dificultat per expressar clarament la naturalesa dels núvols (vapor d'aigua o aigua líquida): *E3E212 "l'aigua es bapura i crea els núvols i els núvols descarreguen l'aigua"*.

- Els núvols com a contenidors (absorbeixen l'aigua del mar, que recullen l'aigua evaporada): E3E206 "Absorbeix [dibuixa núvol i fletxes cap al mar]. Plou al mar o riu".
- La causa de la precipitació es relaciona únicament amb el desplaçament del núvol cap a les muntanyes: E3E211 "L'aigua s'evapora i puja cap als núvols. Els núvols es van carregant i es van movent de lloc [els dibuixa cap a la muntanya]. Una vegada s'han mogut de lloc comencen a descarregar (ploure)".

Mitjançant l'anàlisi de les diferents activitats realitzades incloses en el dossier del projecte, també s'ha pogut observar com aquestes dificultats es van reproduït ja que no s'afavoreix una evolució de les idees inicials.

En l'exemple a), se'ls demana dibuixar els estats de l'aigua. L'alumne de la Figura 58a representa l'estat gasós mitjançant un núvol, fet que indicaria l'existència de l'idea de que els núvols són vapor d'aigua. I a la Figura 58b, l'alumne escriu "el vapor quan puja als núvols" que indicaria l'existència de l'idea de que els núvols són contenidors que s'omplen. L'activitat permet identificar els tres estats de l'aigua tot i que no aprofundeix en les seves diferències ni en els agents que afavoreixen el canvi d'estat.

Figura 58. Exemple a). Activitat "Els estats de l'aigua" on s'identifiquen concepcions alternatives sobre la naturalesa dels núvols



A l'exemple b), l'activitat estava orientada a conèixer la naturalesa dels núvols aprofitant una situació real de boira a l'escola però, tal i com es mostra a la Figura 59, no s'ha aprofundit en les causes de la formació de la boira.

Figura 59. Exemple b). Activitat d'observació de la boira en la que no s'aprofundeix sobre les causes de la seva formació

Què és i com és la boira?

La boira és un conjunt de núvols que són a prop o fregant la superfície de la terra. Estan formats per moltes gotetes petites d'aigua que estan en suspensió perquè pesen poc.

Normalment hi ha boira quan les nits són fredes i les temperatures són baixes. On hi ha més boira és en zones fondes i molt humides.

Tot i l'interès de realitzar una activitat d'observació d'una situació real (observació de la boira), aquesta no s'ha mostrat efectiva per modificar les idees inicials sobre el procés de condensació. Possiblement les preguntes plantejades ("què és i com és la boira?") per tenir un caràcter més descriptiu no ha afavorit el plantejament d'explicacions. Com diu Roca et al (2008) "les preguntes més significatives són aquelles que es plantegen des d'un model o teoria ben definida que mira els fenòmens de manera complexa i integradora. Els professors han de ser conscients de quin model es vol introduir o reforçar a l'hora de pensar en les preguntes que plantejaran als alumnes". Possiblement si s'hagués plantejat una pregunta que interrogués sobre les causes de la formació de la boira (com per exemple "com s'ha format aquesta boira?") enlloc de descriure-la, hagués actuat com a pregunta medidora per ser capaç de construir un raonament de caire més explicatiu.

En el cas del següent exemple c), es tracta d'una activitat que sintetitza la realització d'una activitat experimental sobre els canvis d'estat (líquid-sòlid). A la figura es pot observar que la pregunta formulada (*Com reacciona l'aigua quan l'exposem a temperatures molt baixes?*) tampoc ajuda a aprofundir en les causes dels canvis d'estat tot i que en aquest cas, ja s'ha introduït la variable de la temperatura.

Figura 60. Exemple c) Activitat experimental sobre els canvis d'estat en la que no s'aprofundeix en la interpretació de les causes dels canvis d'estat (i no només descripció)

Com reacciona l'aigua líquida quan l'exposem a temperatures molt baixes?		
L'aigua en estat líquid	L'aigua al congelador	L'aigua en <u>estat sòlid</u>
<ul style="list-style-type: none"> -és líquida -és mollada, humida -és transparent (incolora) -una mica freda -té gust d'aigua o no té gust (insipida) -no fa olor de res (inodora) -sense envàs, no la podríem agafar ni portar -és potable <p>La temperatura ambient és de <u>20°C</u></p>	<p>Posem l'aigua al congelador a les <u>08:55</u></p> <p>La temperatura del congelador és de <u>-30°C</u> - <u>-40°C</u></p>	<p>Traiem l'aigua del congelador a les <u>15:15</u></p> <p>Com és l'aigua ara?</p> <p><u>Sòlida i freda</u></p> <p><u>En una mica més dura.</u></p> <p><u>No clora a l'air.</u></p> <p><u>En transparent o blau clar.</u></p>

D'altra banda, tal i com també s'ha detectat en les anteriors escoles, el model visual de cicle natural utilitzat (Figura 61) per estructurar els diferents continguts sobre el cicle natural (extret d'un llibre de text), tampoc ha contribuït a superar aquesta dificultat perquè no s'anomena el procés de condensació ni s'aprofundeix en les seves causes: "1. L'aigua s'evapora. 2. Es formen els núvols. 3. La pluja cau. 4. Els rius recullen l'aigua. 5. L'aigua retorna al mar." Aquests models visuals continuen reforçant la idea que l'alumnat sigui més capaç d'explicar els canvis per escalfament ("l'aigua s'evapora") que els canvis per refredament (que es simplifica a "es formen els núvols"). Cal destacar, que aquest model visual de cicle natural si que representa les aigües subterrànies tot i que el text no les anomena.

Figura 61. Exemple d). Model visual de cicle natural utilitzat pel grup del projecte



En resum, els resultats obtinguts en relació a la capacitat d'explicar els canvis per transferència de calor al medi (com la condensació) no han estat millorats. Tot i que s'han dut a terme activitats experimentals sobre els canvis d'estat, aquestes no han ajudat a l'alumnat a progressar en la comprensió de les causes de la formació dels núvols. El fet que la mestra no incorporés la superació d'aquesta dificultat en els seus objectius podria ser una de les causes per les quals el grup del projecte aigua i futur, tot i incloure més explicacions sobre la formació dels núvols (41% de l'alumnat), no ha progressat en els "perquè" i continuen expressant idees i dificultats molt semblants a les dues primeres escoles.

C. Contribució a la progressió de la representació del cicle urbà

En el cas del cicle urbà, les activitats externes realitzades van ser suggerides a la mestra a la reunió inicial per poder comprovar com aquestes contribuïen al procés d'aprenentatge de l'alumnat. La comparació entre les representacions del cicle urbà inicials amb les finals, evidencia que aquestes activitats han afavorit una millor comprensió del seu funcionament.

A les representacions inicials, l'alumnat mostra poc coneixement sobre la circulació de l'aigua a la ciutat i aquest està descontextualitzat del lloc on es viu (no s'identifica clarament d'on prové l'aigua i a on va després, no s'inclou la idea que cal tractar l'aigua abans i després, entre d'altres). Aquests limitats coneixements inicials s'expliquen pel fet que era la primera vegada que es tractava aquesta qüestió des de l'escola i perquè socialment, també és un tema en el que hi ha un gran desconeixement. Així ho expressa la mestra del grup a l'entrevista⁴¹:

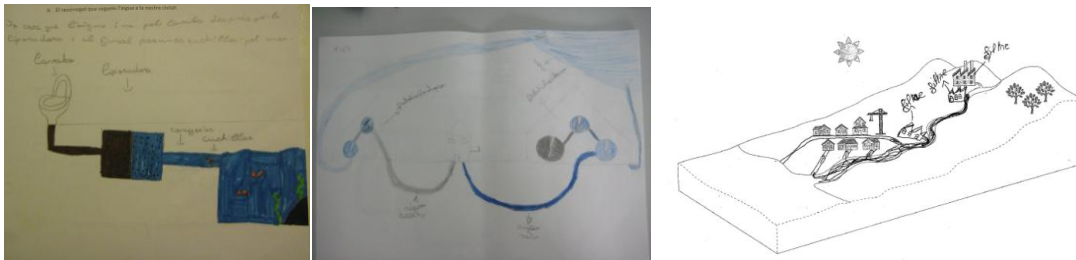
[línia 47] E7: "Crec que si el cicle urbà no ho treballaves detingudament, no ho aprenen perquè els adults amb prou feines ho tenim clar. Perquè parteix de les instal·lacions estan ocultes..., obres l'aixeta i sembla màgic. Si no es treballa bé, la qual cosa s'explica s'oblida perquè no pots arribar a conceptualitzar".

⁴¹ Fragment extret de la transcripció E3_En2_270314

L'anàlisi de la comparació entre les representacions realitzades en diferents moments temporals, han permès comprovar com les diferents activitats desenvolupades al llarg del projecte han contribuït a la millora de la comprensió del cicle urbà de l'aigua.

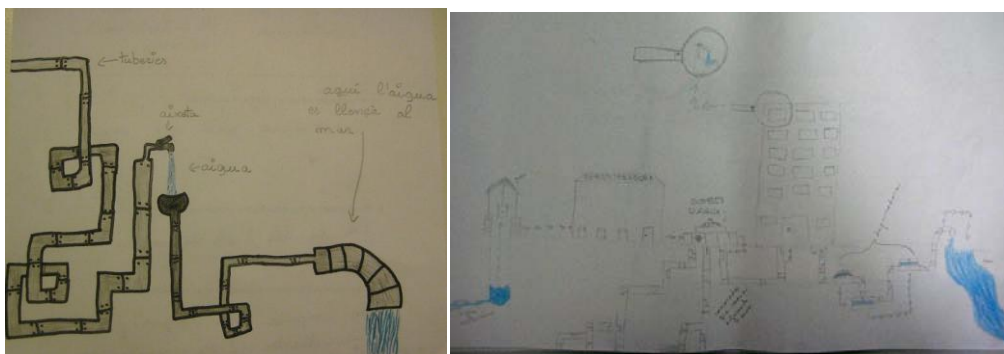
A les il·lustracions següents s'evidencia un canvi important reflex d'una millor comprensió del processos que conformen el cicle urbà. En el primer dibuix (il·lustració 20), l'alumne representa com s'imagina que circula l'aigua un cop és utilitzada (però no com arriba) tot incloent la idea de que cal tractar-la després del seu ús. En el segon dibuix, realitzat després de la visita al Museu, el mateix alumne representa un cicle més complex ja que es visualitza un clar tancament entre les entrades i sortides, es mostra el transport de l'aigua (diferents qualitats) i s'inclouen dos sistemes de tractament de l'aigua (abans i després). En el tercer dibuix, realitzat dos anys després, l'alumne manté la idea de tancament del cicle i del transport i tot i que ara només inclou un dels tractaments, en general, representa una idea més evolucionada que el primer dibuix.

Il·lustració 20. Evolució de les representacions de l'alumne 19



En el cas del l'exemple de la il·lustració 21, en el primer dibuix l'alumne representa com l'aigua arriba (d'un lloc desconegut) fins a la llar i com després del seu ús, es retorna al mar sense cap tractament. El canvi, el segon dibuix ja realitza una representació molt més precisa en la que s'inclou un pou com a punt d'extracció de l'aigua, la potabilitzadora, el sistema de bombeig per fer arribar l'aigua a les llars (les necessitats energètiques) i una depuradora que retorna l'aigua neta al medi. En el tercer dibuix, inclou la necessitat de tractar l'aigua abans i després tot i que ja no especifica el nom de cada procés, les instal·lacions no estan del tot ben ubicades i tampoc no inclou els requeriments energètics pel seu funcionament.

Il·lustració 21. Evolució de les representacions de l'alumne 6



que havien quedat prou clares durant el projecte) en línies generals, tots els alumnes han progressat. Aquest seria el cas de la qüestió energètica, que malgrat representar les necessitats energètiques del cycle urbà dibuixat després de la visita al Museu de les Aigües, un any després aquesta qüestió sembla que ja no es recorda.

Aquest resultat indicaria la importància de, com planteja l'AAAS (American Association for the Advancement of Science, 2001), que en qualsevol progressió d'aprenentatge és necessari començar pels coneixements més bàsics per assegurar que, abans d'introduir-ne de nous, les etapes anteriors estiguin ja superades. I en aquest sentit, la qüestió energètica (començant per les necessitats energètiques del cycle urbà) és un dels aspectes que caldria posar més atenció i aprofundir-hi (nexa aigua-energia) de cara a l'educació secundària.

En el cas del grup E34, l'activitat externa d'educació ambiental "Gota gotham" va ser la única activitat realitzada sobre el cycle urbà de l'aigua. El fet que aquest grup hagi realitzat millors representacions que el grup E36 (que no va fer-la) és indicador de la seva clara contribució a l'aprenentatge en el grup E34. Tot i que cal afegir, que posteriorment a l'activitat, la mestra va tornar a visualitzar l'audiovisual del cycle urbà de l'aigua amb el seu grup.

La contribució d'aquesta activitat externa en l'aprenentatge també s'ha pogut evidenciar a través d'una activitat de metareflexió feta pel grup del projecte (Figura 62 i taula 49). L'anàlisi de les respostes a la pregunta "Digues tres coses que hages après a la sessió del "Gota gotham" que hem fet avui?" mostren que l'activitat ha contribuït a conèixer els tractaments que es fan per millorar la qualitat de l'aigua, a entendre millor el cycle urbà de l'aigua i a identificar accions ambientals orientades principalment a prevenir la contaminació (accions que evitin embrutar innecessàriament les aigües residuals).

Figura 62. Qüestionari metareflexiu posterior al taller del "Gota gotham"

Digues tres coses que hages après a la sessió del "Gota gotham" que hem fet avui:

- Que per poder beure l'aigua primer passa per la potabilitzadora ✓
- Que quan usem l'aigua, es torna a la natura però primer ha de passar per la depuradora ✓
- No podem llençar qualsevol cosa al bany o a qualsevol lloc ✓
molt bé!

Taula 49. Tipologia de respostes sobre els aprenentatges (E3gp)

Aprenentatges	Freq.	Exemple
Fan referència als tractaments de l'aigua (depuració o potabilització)	16/25	<i>“que quan usem l'aigua es torna a la natura però primer ha de passar per la depuradora” (alumne 2)</i> <i>“abans de que l'aigua vingui a les aixetes de casa passen per unes maquines que són les depuradores i les potabilitzadores” (alumne 11)</i> <i>“que l'aigua es neteja li posen clor” (alumne 21)</i>
Fan referència al cicle urbà	14/25	<i>“l'aigua ve del riu a la potabilitzadora i va a la ciutat i quan l'embrutem va a parar a la depuradora i la fa servir la natura” (alu 3)</i> <i>“el procés que fa l'aigua abans d'arribar a les cases” (alumne 11)</i>
Fan referència al cicle natural	3/25	<i>“que l'aigua que puja a dalt dels núvols es fa gasos” (alumne 16)</i> <i>“l'aigua que hi ha sota terra es diu aigua subterrània” (alumne 18)</i> <i>“l'aigua quan puja els núvols s'evapora” (alumne 8)</i>
Fan referència a actituds o accions ambientals	14/25	<i>“ què és molt important que no tirem brutícia al vàter” (alumne 12)</i> <i>“i l'oli no s'ha de tirar al vàter, s'ha de deixar a la deixalleria o punt verd mòbil” (alumne 13)</i> <i>“ saber quines coses pots tirar per l'aigüera o per el vàter perquè la depuradora les pugui netejar bé” (alumne 20)</i>

Font: elaboració pròpia

En una de les entrevistes realitzades, com es veu en el següent fragment⁴², la mestra del grup del projecte va explicitar que l'activitat "Gota gotham" no era massa adequada per afavorir l'aprenentatge. Tot i la varietat d'idees explicitades per l'alumnat sobre allò après, de fet aquestes fan principalment referència a processos però aprofundeixen en les causes o els motius que justifiquen aquests processos. I possiblement això és el que vol explicitar la mestra a través del seu comentari quan fa referència a una “allau d'informació” i als “conceptes inconnexes”:

[línia 35] E7: *una cosa que em va sobtar del "Gota gotham", amb la meua companya de cicle és que a ella li va semblar bé (...). Em va dir que per ella l'objectiu es va assolir totalment i per a mi, va ser tot el contrari, una hora i mitja de pèrdua de temps perquè vaig pensar, que van aprendre al final de la jornada? Pots ser si que m'ho vaig mirar tot amb ulls crítics. Me'n recordo encara de l'activitat dels calaixets i del vídeo i penso..., però si era una allau d'informació sense consolidar res i després quan vam venir aquí a fer el joc de l'oca jo vaig estar apuntat tots els conceptes que anaven sortint, que eren inconnexes entre ells, i em va sobtar molt.*

També cal tenir en compte la influència de la realització d'una activitat prèvia pocs dies abans de realitzar el "Gota gotham". Doncs l'alumnat del grup del projecte va respondre al qüestionari inicial dissenyat per aquesta recerca en el que es demanava representar per primera vegada com s'imaginaven el cicle urbà de l'aigua. Aquesta activitat prèvia, que tenia un caràcter d'exploració de continguts (i no només recollir dades per una recerca) també ha ajudat que l'alumnat confrontés les idees introduïdes en el taller “Gota-gotham” amb les pròpies i millorés els seus coneixements inicials.

En resum, aquests resultats constaten com les activitats realitzades per persones externes a l'escola contribueixen en el procés d'aprenentatge ja que en el cas del grup del projecte, s'ha pogut evidenciar una progressió en la conceptualització del cicle urbà. Tot i que també s'ha comprovat que aquesta millora s'ha produït sobretot en la descripció dels processos que no pas en les causes o els motius que els justifiquen.

⁴² Fragment extret de la transcripció E3_En1_010713

La contribució de les activitats externes es pot explicar, en primer lloc, pel valor motivacional que suposa el fet de fer quelcom diferent a la quotidianitat però també pel fet que són activitats que aporten coneixement expert (sovint també nou pel professorat) que poden ajudar a resoldre dubtes. En següent fragment d'entrevista, la mestra del grup del projecte reflexiona sobre la visita al Museu de les Aigües:

E3_En2_270314 [Línia 196] E7: vist ara en perspectiva la visita està molt i molt bé però clar molts continguts amb un sol dia. Hi havia una part de visita a les instal·lacions...simulaves una màquina de vapor, veies una maqueta molt xula i com anava creixent la ciutat i les necessitats d'aigua i després tots els experiments...des de la contaminació, com depurar l'aigua,[...].

En segon lloc, la contribució de les activitats externes a l'aprenentatge també s'explica pel fet que la mestra hagi promogut diverses activitats metareflexives que han permès vincular les idees i experiències prèvies amb el nou coneixement per progressar en el procés d'aprenentatge.

També cal afegir la contribució de la metodologia de treball utilitzada al llarg del desenvolupament del projecte (basada en preguntes, treballs pràctics, treballs en grup i el llenguatge oral i escrit) en la progressió d'aquests aprenentatges. La mestra ho expressa d'aquesta manera:

E3_En1_010713 [Línia 203] E7: mirant fotos penso no han estat gaire asseguts (de fet tampoc no les fas quan estan asseguts) però vaig pensar, han treballat molt amb les mans i hem fet sortides. Per a mi, em plantejo, hem d'aprendre més amb les mans. Ja fa temps que per mi és important, posar-los en situacions de reptes o fer preguntes que són un repte per ells.

E3_En1_010713 [Línia 212] E7: el treball en grup i la conversa col·lectiva és molt important per moltes coses però sobretot perquè el llenguatge oral acaba refermant idees i el llenguatge escrit, a posteriori. O sigui, si ara haguessin d'escriure ells, com que han treballat molt ells farien un bon escrit. [...].

I finalment, aquesta metodologia de treball també ha contribuït a desenvolupar la competència d'aprendre a aprendre fet que explica que s'hagin obtingut uns millors resultats en el qüestionari passat dos anys després. Com s'afirma en un treball de Pessoa (referenciat a Sanmartí (2002)) quan s'afavoreixen processos d'aprenentatge de caràcter constructivista el temps d'aprenentatge continua més enllà del temps d'ensenyament.

D. Causes de la progressió en la identificació d'actituds més efectives

Els resultats del qüestionari inicial sobre les accions proambientals conegudes per l'alumnat, van orientar la mestra del grup del projecte vers la planificació d'activitats dirigides a identificar noves actituds més centrades en la prevenció de la contaminació de l'aigua que en l'estalvi directe. La mestra també es va plantejar introduir la qüestió dels usos indirectes però finalment, no va ser possible. Les diferents activitats (lístes, converses, propostes d'acció) realitzades s'han orientat a pensar en els usos de l'aigua, en com s'embruta, quines són les problemàtiques de l'aigua i com fer-hi front i també que pot mancar-ne. Totes elles explicarien perquè aquest grup, a diferència dels altres centres, han recordat i esmentat més accions relacionades amb la prevenció de la contaminació i en termes més amplis que els inicials.

Una d'aquestes activitats ha estat l'encàrrec del robot (Figura 63). Durant la conversa inicial col·lectiva, han sorgit idees diverses sobre les problemàtiques relacionades amb l'aigua i com els robots podrien contribuir a solucionar-les (funció del robot). Analitzat les fitxes de treball, les problemàtiques ambientals de l'aigua sobre les quals l'alumnat ha plantejat solucions són: *netejar la contaminació (del mar, dels rius i que separin bé els residus)*, *evitar la contaminació de l'aigua (depurar l'aigua residual, no llençar olis, no embrutar l'aigua, no llençar deixalles al vàter...)*, *estalviar més aigua en usos domèstics (per rentar la roba, els plats, aixetes que no gotegin,...)*.

Posteriorment, les maquetes de robots construïdes (*robots que avisen en cas que es malgasti l'aigua, que netegen la contaminació del mar i dels rius, que arreglen instal·lacions,...*), evidencien que l'alumnat ha reflexionat sobre noves accions proambientals orientades a mantenir la qualitat de l'aigua i no només d'estalviar-la a partir dels usos directes (que són accions socialment ja consolidades). Tanmateix, amb aquesta activitat va sorgir una nova qüestió que també va ser motiu de reflexiu: l'alumnat delegava als robots moltes accions que les persones poden i han d'assumir.

Figura 63. Full de treball per orientar la creació de la maqueta d'un robot

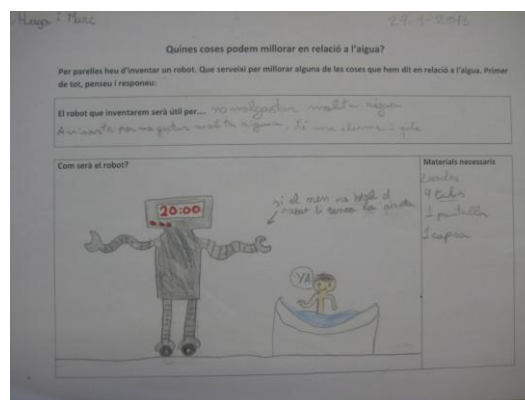
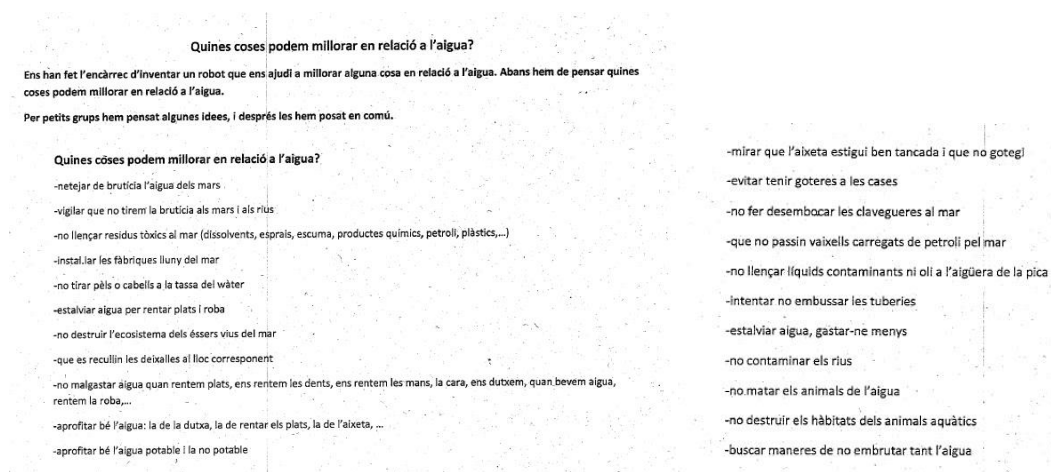


Figura 64. Full dossier quines coses podem millorar amb l'aigua?



La realització d'una exposició dels robots com a activitat de síntesi i de comunicació cap a la resta de comunitat educativa també ha plantejat qüestions que convidaven a ampliar les reflexions en torn l'aigua, el futur i les actituds: *en el futur tindrem més o menys aigua? Farem servir la mateixa aigua que ara? Hi haurà aigua per tothom? Com ho farem per tenir aigua bona i neta? S'acabarà l'aigua?. Ens ajudaran els robots a...aprofitar bé l'aigua de casa? a no malgastar-la i poder-ne estalviar? a netejar l'aigua dels rius o mars?*

Un altre exemple que ha permès reflexionar sobre les actituds ambientals ha estat planificada en el marc del Dia del Dret dels Infants. Aquest centre d'interès es va relacionar amb el projecte de curs tot identificant quins d'aquests drets es relacionaven amb l'aigua i posteriorment, identificant quins són els deures de les persones envers l'aigua (Figura 65). Entre els deures identificats, també s'ha inclòs la idea de la conservació dels recursos hídrics en un sentit més ampli.

Figura 65. Activitat sobre els drets dels infants i els drets i deures envers l'aigua



D'altra banda, les activitats externes realitzades també han afavorit la reflexió sobre les accions que contaminen l'aigua. Per exemple, el taller Planeta Aigua realitzat al Museu de les Aigües es va dur a terme una simulació de com diferents sectors econòmics embruten l'aigua (restaurant, agricultura, indústria) per posteriorment realitzar una pràctica de depuració. En el cas del "Gota gotham", es va plantejar un joc de cercar

accions incorrectes en l'ús de l'aigua en la que també s'inclouïa aspectes menys coneguts (com ara no llençar l'oli usat a l'aigüera).



Aquesta reflexió es va reprendre setmanes després a l'aula a partir d'un treball en petit grups on calia identificar usos de l'aigua i pensar i escriure de quina manera aquell ús embruta l'aigua. A continuació es mostra el conjunt d'idees identificades:

Taula 50. Recull fet per la mestra a partir de les aportacions de tots els grups (E3gp)

Com s'embruta l'aigua?	Amb quins usos?
Amb les restes de menjar	quan ens rentem les dents, els plats
Amb la pasta de dents	quan ens rentem les dents
Amb la brutícia que tenim a les mans, a la cara	quan ens rentem les mans, la cara, ens dutxem o banyem, ens refresquem
Amb la brutícia, la pols i la suor del cos	quan ens dutxem o banyem o volem refrescar
Amb el sabó i el xampú	quan anem al lavabo
Amb els nostres cabells, paper higiènic els nostres excrements (caca), el pipi/l'orina	
Amb el sabó de rentar roba, brutícia roba	quan rentem la roba
Amb el sabó de rentar plats	quan rentem els plats
Amb la brutícia del terra/taula/vidres/cotxe/vehicles/bicis	quan freguem el terra/taula/vidres i quan rentem el cotxe/els vehicles/de la bici
Amb la pols del guix	quan rentem la pissarra
Amb l'oli de cuinar	quan cuinem
Amb la sorra	quan juguem
Amb el petroli	
Amb la terra de les plantes	
Amb les pintures	quan ens rentem les mans, els pinzells
Amb el producte amb el que fem l'experiment	quan fem experiments amb aigua
Amb els productes químics	quan fabriquem els productes químics
Amb el ciment	quan fem ciment
Amb l'oli de la cadena de la bici	quan arreglem la bici

Font: dossiers de l'alumnat del grup del projecte

La contribució de l'activitat de l'ecoauditoria a la llar, que van fer els nens i nenes amb les seves famílies utilitzant el recurs d'una calculadora on-line⁴³ no s'ha pogut avaluar per manca de dades. Doncs només 7 famílies van escriure la reflexió demanada sobre aquesta activitat i aquestes inclouen idees diverses algunes de les quals exemplifiquen l'interès d'aquestes eines per prendre consciència del consum per usos i per identificar noves accions d'estalvi. Tot i que també hi ha famílies que consideren que ja fan tot el que es proposa i alguna, també ha manifestat que no ha entès el seu funcionament. A la següent taula es mostra una síntesi d'aquestes reflexions fetes per les famílies:

⁴³ <http://www.diba.cat/xarxasost/estalviaigua>

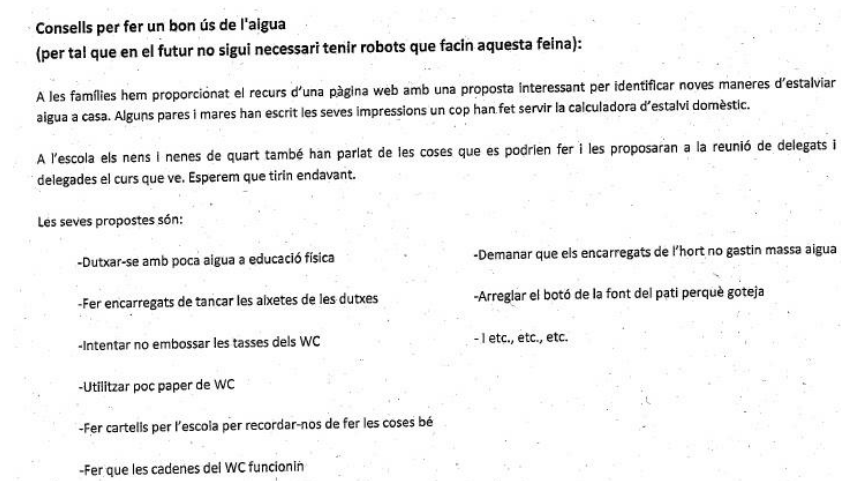
Taula 51. Síntesi reflexions de les famílies (E3gp)

Família	Comentaris
1	Diu que no ho han entès gaire
2	Fan propostes de millora: - Pertinents: tancar aixetes, dutxar-se ràpid, omplir bé rentadora, fer servir rentaplats, els aparells tenen sistema d'estalvi d'aigua - No pertinents: dutxar-se a la feina, al gimnàs
3	Escriuen "a casa ja fem tot el què es recomana tot i que ens ha sorprès veure la quantitat d'aigua que gastem per cada ús"
4	Escriuen "hem vist que hem de reduir més el consum d'aigua"
5	Escriuen "és molt important saber quanta aigua gastem per intentar fer servir-ne menys i no malgastar-ne"
6	Escriuen "ens ha sorprès conèixer el nostre consum ja que tenim molts mecanismes d'estalvi d'aigua (reguladors, aparells eficients, ...) i pensem que no en malgastem".
7	Escriuen "la factura indica un consum més alt que el del programa. Pensem que és difícil canviar els hàbits i pensem que no en consumim massa".

Font: elaboració pròpia

Finalment, com a activitat d'aplicació del projecte de l'aigua, es van plantejar propostes d'accions concretes per estalviar aigua a l'escola (Figura 66). Tanmateix l'impacte d'aquesta interessant iniciativa ha quedat fora de l'abast d'aquesta recerca.

Figura 66. Consells per fer un bon ús de l'aigua inclosos en el dossier del projecte



En resum, les activitats realitzades per reflexionar sobre les actituds han estat nombroses, diverses i han aprofundit en diferents aspectes (usos, drets i deures, identificar accions, plantejar solucions). Avaluar si aquestes activitats han tingut un impacte en un canvi de comportament no ha estat possible però sí que s'ha evidenciat com aquestes han contribuït a desenvolupar la competència per actuar. Doncs l'alumnat ha pogut reflexionar sobre qüestions que eren noves i ha mostrat una progressió en relació a l'identificar noves actituds de caràcter més transformador envers la conservació dels recursos hídrics.

E. La contribució del projecte envers un compromís amb el futur

Una de la particularitat del projecte realitzat pel grup E3gp ha estat la vinculació del projecte de l'aigua amb el futur. Els resultats de la comparació entre la visió de futur inicial i final mostra una evolució interessant cap a un paper més actiu i compromès de les persones envers la construcció del futur.

Una de les activitats que possiblement ha ajudat a fer aquesta reflexió ha estat el taller de Pictoescriptura. Aquesta activitat externa també es va preparar prèviament amb les dinamitzadores per tal d'integrar-la millor en el marc del projecte de curs. Per això prèviament es va explicar l'evolució del projecte amb l'objectiu d'analitzar conjuntament com plantejar algunes qüestions que podien sortir o es podien provocar. Com per exemple, qüestionar la capacitat de la tecnologia (robots) per solucionar qualsevol problema ambiental que potser també poden resoldre les persones i també posar sobre la taula la qüestió de les necessitats energètiques alhora de pensar en possibles solucions.

En el taller de Pictoescriptura es va crear un conte amb una primera part escrita col·lectivament i una segona part en la que cada alumne, havia d'escriure el seu final. El taller va esdevenir una activitat d'estructuració d'idees del projecte i també un espai de creativitat tant literària com de recerca de solucions a possibles problemes en relació a l'aigua i el futur.

En el procés de creació col·lectiva de la primera part del conte, la conversa va fer emergir els coneixements sobre l'aigua però també una bona dosi de fantasia. El relat integrava aspectes de la realitat (sequera, contaminació, consum d'aigua) on els protagonistes proposats i escollits pel grup (una gota d'aigua mig dolça i mig salada i un cervell somiador) van resultar molt apropiats per parlar de l'aigua i el futur. La gota simbolitzava la problemàtica ambiental de l'aigua i el cervell somiador, la capacitat de pensar, imaginar, de crear per fer front als obstacles i problemes que s'anaven teixint al llarg de la història. En concret, el cervell somiador ha actuat de mediador en el diàleg realitat-ficció que ha emergit del conte, ja que ha personificat l'objectiu d'ajudar l'alumnat a sentir-se capaç d'imaginar tot confiant en les pròpies idees, a col·laborar amb els companys i a tenir una actitud activa davant els obstacles i problemes que s'aniran creant al llarg de la conversa. Cal destacar que aquesta capacitat de confiar en un mateix i de fer aportacions també ha estat afavorida per la pròpia dinamització del taller (en la que es valoraven totes les idees i en el que s'animava tothom a aportar-ne).

En resum, el relat i els seus protagonistes han fet emergir en el marc del grup del projecte una idea cabdal en el desenvolupament de la competència per actuar: el desig de fer-ho, la confiança en un mateix i el protagonisme en la construcció del propi futur. I aquesta activitat, possiblement també ha fet una contribució interessant en despertar la responsabilitat i el compromís per a construir un futur més sostenible.

Figura 67. Taller de creació col·lectiva d'un conte sobre l'aigua i el futur



4.2.4 Conclusions de l'objectiu 2

Els resultats obtinguts en aquesta segona part de l'estudi han permès interpretar com les diferents activitats realitzades en el marc d'un projecte de curs sobre l'aigua han contribuït a formar una nova cultura ambiental de l'aigua.

Tal i com s'ha aprofundit a l'apartat d'interpretació dels resultats, aquests s'expliquen en bona part per les activitats realitzades a cada grup i per la seva planificació en el temps atenent a un procés d'aprenentatge en el qual es distingeixen diferents fases o etapes i també, atenent a les dificultats de l'alumnat. En aquest sentit, les dades també han mostrat que quan aquestes dificultats són clarament identificades per la mestra, és quan les activitats plantejades realment ajuden a superar-les. Aquest ha estat el cas de les aigües subterrànies on la mestra, en identificar aquesta dificultat, va dissenyar activitats concretes per ajudar a l'alumnat a construir aquest coneixement. En canvi, no ha estat així en el cas del procés de la condensació.

La importància de la presa de consciència de les dificultats, és explicitada per la mestra que al mateix temps, dóna valor a la col·laboració amb la universitat per a identificar-les:

E3_E2_270314 [línia 165]E7: "Per a mi va ser molt útil la teva presència (la investigadora). Si tu no haguessis col·laborat amb mi no sé si hagués identificat tants conceptes erronis. És a dir, no solament es tracta de les idees prèvies... de veure que saben, veure que s'equivoquen i com transformar-ho en una altra cosa. No es tracta del que sabem, sinó del que sabem malament. Per a mi això és important i nosaltres ho parlem 'mira que surt aquesta idea equivocada!' per treballar-les".

A les diverses reunions realitzades amb la mestra es van compartir idees i també els resultats d'estudis anteriors en relació a la qüestió de l'aigua. Per aquest motiu, les activitats que es van mostrar efectives en la part exploratòria d'aquest estudi, juntament amb altres referenciades a la literatura (Dillon et al., 2006; Márquez & Bach, 2007; Sanmartí, 2007), van orientar el procés de planificació del projecte aplicat en el grup de seguiment.

Els resultats han permès evidenciar la influència de determinades activitats en l'aprenentatge perquè l'alumnat demostra recordar-les i perquè s'han establert relacions entre les activitats i els coneixements expressats -de tot tipus- sobre l'aigua. Especialment han destacat aquelles activitats que es relacionen amb vivències i amb processos de reflexió i autoregulació: activitats fora de l'aula o a càrrec de persones externes; activitats experimentals; activitats orientades a la reflexió sobre la

identificació de causes de problemes ambientals (per exemple, de la contaminació) i de bones pràctiques ambientals.

Identificar les actituds no és una tasca fàcil així com tampoc analitzar quines experiències o altres variables han influït en elles. No hi ha dubte que la informació que aporten aquestes dades és també un reflex dels hàbits de les famílies i de la institucionalització en el marc escolar de bones pràctiques en la gestió dels recursos materials. Però també s'ha pogut constatar la influència de la realització d'activitats específiques que ajuden a l'alumnat a pensar en conceptes com la contaminació de l'aigua. Les verbalitzacions que expressen els nens i nenes a les entrevistes ens fan pensar que els passos seguits constitueixen un bon camí:

E3_E3_alumnes5_270314 (alumne 23)"Durant tot el tema he après coses sobre l'aigua. Al principi no sabia massa. Sabia que existia la contaminació però no sabia com es generava ni com es podia millorar".

Alguns dels reptes plantejats en el marc teòric, com són els usos indirectes de l'aigua o la relació entre el consum d'aigua i l'energia, no s'han pogut desenvolupar a l'aula tal com hagués estat desitjable i per aquest motiu els resultats tampoc aporten dades sobre aquests continguts. Tot i així, aquestes qüestions es van introduir en diferents moments. Per exemple, a la *capsa del futur* es van incloure objectes diversos per explicar que aquests també han necessitat aigua per fabricar-se (una samarreta, un tauleta de xocolata) i durant el procés de creació del conte, la qüestió de l'energia va sorgir en diverses ocasions per evidenciar el nexa *aigua-energia* (les màquines depuradores o els robots netejadors també necessiten energia per funcionar).

Aquestes qüestions són claus per promoure una nova cultura ambiental de l'aigua, però integrar-les a les planificacions de l'escola primària no és fàcil ja que són conceptes nous (poc difosos socialment), no s'inclouen en els llibres de text, són complexos i requereixen una inversió de temps important per al seu plantejament i desenvolupament. En el cas del grup de seguiment, la dificultat de desenvolupar aquests conceptes s'explica perquè els coneixements previs, per ser limitats, suggerien la necessitat d'abordar de manera més profunda els usos directes i el seu impacte ambiental, abans de tractar els usos indirectes.

D'altra banda, a l'escola no es poden tractar totes les temàtiques ambientals i que existeixen diversos "camins" per educar a favor de la sostenibilitat que impliquen conscienciar, comprendre i desenvolupar la capacitat per actuar (Sanmartí & Pujol, 2002; Santos, Ferreira, & Rosso, 2013). Per aquest motiu és important que aquells contextos que se seleccionin, com és el de l'aigua, generin aprenentatges significatius que tinguin un caràcter competencial perquè puguin ser aplicables en altres situacions diferents (Vilches, Gil, & Cañal, 2010). Abordar el problema de l'aigua des de la perspectiva de "cicle" és significatiu perquè possibilita pensar en tres coneixements que són necessaris per comprendre qualsevol altre problemàtica ambiental:

- 1- el funcionament el cicle de la matèria (en aquest cas, el cicle de l'aigua)
- 2- la degradació de l'energia a través de cada canvi (tant en el cicle natural com en el cicle urbà)

3- la interacció de la matèria i l'energia amb l'entorn i la vida al llarg del seu cicle (com ara, els efectes de la contaminació)

Tot i així, ha quedat fora de l'abast d'aquesta recerca, saber si aquest exercici de reflexió ha estat útil per ser transferit a d'altres temàtiques o problemàtiques ambientals.

El paper de l'escola en promoure l'Educació Ambiental és molt important però no és l'únic ja que hi ha moltes variables que poden intervenir en la presa de decisions de les persones en relació a l'ambient: la família, l'entorn on es viu, els amics, etc. Tanmateix l'escola és per a molts nens i nenes, l'únic o dels pocs espais on poden tenir l'oportunitat de pensar en els problemes que afecten a la sostenibilitat del planeta i posar en pràctica noves maneres d'actuar de manera responsable i conscient.

Els resultats també suggereixen quines activitats s'haurien de mantenir, afegir o eliminar de les planificacions dels projectes d'educació ambiental, amb l'objectiu de potenciar aquelles que ajuden a aprendre de manera més significativa i d'utilitzar el temps d'ensenyament de forma més eficaç. A les entrevistes amb les mestres es van destacar aspectes clau en el desenvolupament del projecte, que a més, per ser molt generals, poden ser útils per a futurs projectes d'educació ambiental:

- (1) formular objectius clars que recullin els interessos del grup, de la mestra i de l'escola;
- (2) organitzar activitats per detectar les idees prèvies de l'alumnat i buscar comprendre per part del docent les raons de les dificultats que es detecten;
- (3) seleccionar continguts i organitzar-los en una seqüència d'activitats que ajudi a construir nous coneixements partint de les idees inicials, tot regulant de manera metacognitiva les dificultats detectades a partir de la conversa i de la reflexió individual;
- (4) organitzar sortides i activitats externes que ofereixin vivències rellevants i que després de realitzar-les es promogui una metareflexió sobre allò que s'ha observat, els sabers apresos i la seva justificació;
- (5) programar activitats d'experimentació que ajudin a trobar respostes a situacions viscudes o quotidianes;
- (6) promoure activitats orientades a l'acció ambiental que impliquin a la resta de la comunitat educativa com per exemple, promoure una política de gestió de l'aigua a nivell escolar amb la participació de l'alumnat;
- (7) finalitzar el projecte amb activitats que ajudin a aplicar els continguts apresos de manera interrelacionada i que vinculin amb algun nivell d'actuació (argumentar, dissenyar, realitzar, analitzar i plantejar millores).

Recollir dades vàlides per inferir sobre la comprensió dels problemes ambientals i la capacitat d'actuar davant ells no és una tasca fàcil. El qüestionari que s'ha utilitzat en aquesta recerca té molts avantatges però també algunes limitacions.

Un dels principals avantatges del qüestionari, és fet que les dades finals s'hagin recol·lectat mesos després de finalitzar el projecte ens possibilita reconèixer aquells conceptes i idees que han estat interioritzades (apreses significativament) i no solament “memoritzades” com a conseqüència immediata de realitzar una activitat educativa.

Aquest enfocament ha permès identificar en el grup de seguiment, quines idees es van oblidar un any després i quines no. En el cas del cicle urbà de l'aigua, els conceptes que semblen més oblidats són aquells que es van tractar des d'un punt de vista més abstracte (procés de depuració, potabilització, etc.), però l'interessant és que l'alumnat s'ha apropiat de la idea que és necessari tractar l'aigua abans i després del seu consum. I en el cas del cicle natural de l'aigua, les activitats que es van planificar per superar la dificultat de la "no representació de les aigües subterrànies" s'han mostrat útils en el grup de seguiment.

Per contra, una de les limitacions del qüestionari és que només permet obtenir una fotografia aproximada dels aprenentatges realitzats perquè els nens i nenes tendeixen a escriure poc, ràpidament i explicitant poques idees, possiblement perquè donada la seva edat ja que tenen dificultats de comprensió lectora dels enunciats i d'escriptura, i també perquè no donen un valor acadèmic a l'activitat.

Finalment destacar la pertinència i utilitat de trobar espais per a la transferència dels resultats de les recerques que es realitzen en els departaments universitaris a la pràctica educativa. És sabuda la dificultat perquè aquests resultats arribin al professorat i, encara més, que incideixin en canvis a les aules. Però no hi ha dubte que el treball compartit entre mestres i investigadors és un bon camí per superar aquesta dificultat. I també és inspirador per repensar la funció assessora dels equips de formadors o educadors que estan a disposició de les escoles.

4.3 OBJECTIU 3: RESULTATS DE LA CONTRIBUCIÓ DE L'ASSIGNATURA DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES A LA FORMACIÓ DEL CONEIXEMENT DIDÀCTIC DEL CONTINGUT DEL CICLE DE L'AIGUA

En aquest apartat es presenten els resultats de la recerca realitzada en el marc de l'assignatura de Didàctica de les Ciències Experimentals que s'imparteix al 3er curs del Grau d'Educació Primària (GEP) de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). L'objectiu principal és identificar la progressió de l'aprenentatge del cicle de l'aigua després de realitzar una seqüència d'activitats des d'aquesta assignatura.

Per evidenciar aquesta progressió, en primer lloc, s'han identificat els coneixements inicials dels estudiants i s'han comparat amb els de l'alumnat de primària a partir de l'activitat de representació del cicle natural i urbà de l'aigua presentada en el marc metodològic. Els primers apartats es presenta l'anàlisi descriptiva i interpretativa d'aquests resultats.

A continuació es presenta l'anàlisi descriptiva dels resultats d'aprenentatge després de realitzar la seqüència didàctica sobre l'aigua. Concretament, els resultats d'aprenentatge identificats a partir de la comparació de les produccions inicials i finals (apartat A) i de les metareflexions dels estudiants (apartat B). Finalment, es presenta una anàlisi interpretativa de la contribució de les activitats a l'aprenentatge dels futurs mestres i les raons que expliquen les dificultats no superades.

A l'annex (annex_objectiu3) s'inclou la relació de dades (activitat representació i coavaluació, qüestionari metareflexiu, examen final, focus-group i enquesta on-line), la documentació de la seqüència realitzada i els networks generats pel programa Atlas.ti. També els articles i treballs presentats a congressos relacionats amb aquesta part de la recerca.

4.3.1 Anàlisi descriptiva dels resultats de la comparació dels coneixements inicials dels estudiants de grau amb els de l'alumnat de primària

A continuació, es presenten els resultats dels coneixements inicials dels estudiants del GEP i s'interpreten els més destacats. Per facilitar la comparació amb els coneixements de l'alumnat de primària, les taules inclouen els resultats globals de l'anàlisi de les representacions de l'alumnat de 4t, 5è i 6è de les tres escoles que han format part d'aquest estudi. La informació s'ha organitzat en els següents apartats: comparació del coneixement del cicle natural, comparació del coneixement del cicle urbà i comparació del posicionament en la resolució d'un problema ambiental.

A. Comparació del coneixement del cycle natural

Els resultats (Taula 52) de l'anàlisi de les representacions inicials (abans de realitzar la instrucció sobre el cycle de l'aigua) es pot observar que els estudiants del GEP tenen una clara tendència a representar cycles naturals inclosos dins el model superficial, un resultat que és molt semblant a l'obtingut amb l'alumnat de primària.

Taula 52. Coneixement del cycle natural. Comparació de les freqüències (GEP i EP)

<i>Tipologia de representació (Márquez, 2002)</i>	<i>GEP</i>	<i>%</i>	<i>EP</i>	<i>%</i>
Tipologia 0: No dibuixen	1	2%	30	11%
Tipologia 1: model no cíclic	12	19%	92	35%
Tipologia 2: model atmosfèric	1	2%	18	7%
Tipologia 3: model superficial	36	58%	112	43%
Tipologia 4: model subterrànies	3	5%	7	3%
Tipologia 5: model sub. reserva independent	2	3%	2	1%
Tipologia 6: model integrador	7	11%	2	1%
Total	62		263	

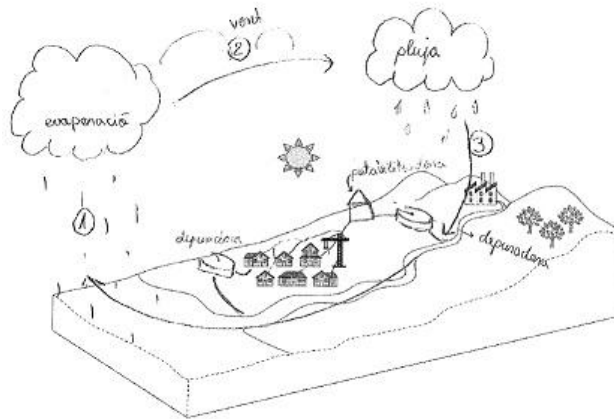
Font: elaboració pròpia utilitzant la classificació proposada per Márquez (2002). Sent GEP (estudiants Grau d'Educació Primària) i EP (alumnat d'Educació Primària de les E1, E2 i E3)

Tot i així, els estudiants del GEP tenen més tendència a representar cycle naturals tancats, fet que indica que tenen una noció més clara de la idea de continuïtat i de que la quantitat total d'aigua al planeta és constant. Tot i que un 19% de les representacions han estat classificades com a models no cíclics perquè no es mostra clarament un tancament del cycle, és possible que per a molts estudiants aquest tancament fos implícit (per l'existència del riu). Per aquest motiu possiblement una part important d'aquestes podrien formar part del model superficial.

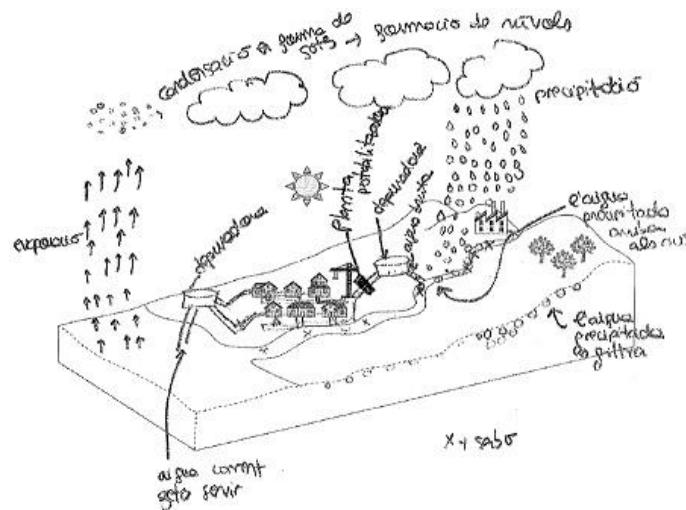
D'altra banda, només un 19% dels estudiants del GEP ha identificat les aigües subterrànies (model 4, 5 i 6) com a part del cycle natural, fet que evidencia que aquesta dificultat -que també ha estat detectada en els grups d'EP- no ha estat superada al llarg de l'educació obligatòria.

La il·lustració 23 mostra un exemple de les representacions predominants (model superficial) i a la il·lustració 24, es mostra un exemple de les representacions esperades (model integrador).

Il·lustració 23. Exemple de model de circulació superficial (GEP_Alum2)



Il·lustració 24. Exemple de model de integrador (GEP_Alum67)



A la següent taula 53 es mostra les característiques més concretes de les representacions realitzades pels estudiants del GEP. A l'annex es poden consultar els *networks* generats per l'Altas.ti en relació als components dinàmics i espacials de les representacions inicials del cicle natural. Els resultats permeten identificar que no tots els processos són reconeguts, anomenats o explicats amb la mateixa profunditat que d'altres.

Taula 53. Comparació característiques representacions del cicle natural (GEP i EP)

<i>Característiques</i>	<i>GEP</i>	<i>EP</i>
Realitza una representació no cíclica (cicle obert)	19%	17%
Identifica l'evaporació de l'aigua dels magatzems oceànics	89%	68%
Identifica l'evaporació de l'aigua dels magatzems continentals	6%	4%
Explica el procés de l'evaporació	11%	17%
Identifica els magatzems atmosfèrics (núvols)	95%	69%
Identifica la condensació	53%	15%
Explica el procés de condensació	11%	8%
Representa processos de solidificació/fusió	11%	5%
Representa el procés d'infiltració de l'aigua	15%	4%
Representa surgències de l'aigua	2%	2%
Considera les aigües subterrànies	19%	7%
Identifica o explica com l'energia del sol intervé en el cicle	13%	32%
Explica com la força de la gravetat intervé en el cicle	0%	0%

Font: Elaboració pròpia. Sent GEP (estudiants Grau d'Educació Primària) i EP (alumnat d'Educació Primària)

En primer lloc, els resultats de la taula també confirmen la dificultat dels futurs mestres d'identificar els processos d'infiltració i circulació subterrània així com també, la possibilitat que aquesta torni a brollar ala superfície. Aquesta dificultat ja ha estat descrita en altres investigacions (Ben-Zvi-Assaraf & Orion, 2005; Ben-Zvi-Assarf & Orion, 2010; Márquez, 2002; Daniel P; Shepardson et al., 2009) i s'explica per la dificultat de representar processos que no es poden observar directament (Bach & Brusi, 1988), per la influència del esquemes del cicle de l'aigua reproduïts en els llibres de text i pel fet que els estudiants visquin en zones molt urbanes (Daniel P; Shepardson et al., 2009).

Un altre resultat destacable, és que les representacions sobre el procés d'evaporació continuen sent força estereotipades ja que un 89% dels estudiants del GEP situen el procés, principalment, en zones oceàniques sense tenir en compte l'evaporació de l'aigua superficial o l'evapotranspiració dels vegetals. Un resultat que també és coincident amb altres estudis realitzats (Márquez, 2002) i que alguns autors (Shepardson et al., 2009) atribueixen als esquemes del cicle de l'aigua que es reproduïxen en els llibres de text i que, en molts casos, també obvien aquestes qüestions.

Tot i que el procés d'evaporació és identificat per la gran majoria dels estudiants, només un 11% han afegit alguna explicació que evidencia la comprensió d'aquest concepte basada en el fet d'absorbir calor per part de l'energia del Sol. Tanmateix, com proposa Bar (1989), atès que la majoria dels estudiants anomenen i empren correctament el terme evaporació, es pot inferir la comprensió d'aquest concepte. A diferència de l'alumnat de primària que tendeix a utilitzar un vocabulari més confús, divers i amb errors ortogràfics (vaporització, vaporació, vapor, evaporació) i que podria ser indicador que no tots ells han progressat en la comprensió d'aquest concepte. Una comprensió

que, segons aquest autor, és una condició necessària per explicar el fenomen de la pluja, incloent les idees de condensació i pesadesa.

En canvi, a diferència del procés d'evaporació, són menys els estudiants que han anomenat el procés de la condensació (un 53%) i un nombre encara més reduït d'un 11% ha inclòs alguna explicació. En aquest darrer cas, com s'explicarà més endavant, les explicacions no sempre evidencien una comprensió de les causes de la condensació en consonància amb l'explicació científica. Aquests resultats indiquen que aquesta dificultat, també detectada en l'alumnat d'EP, tampoc ha estat superada i els estudiants mostren tenir menys coneixements dels que s'esperaria pel seu nivell d'estudis.

B. Comparació del coneixement del cicle urbà

Els resultats de l'anàlisi de les representacions inicials dels cicle urbà fetes pels estudiants del GEP (Taula 54) indiquen que són molt més complertes que les de l'alumnat de primària ja que tenen més tendència a representar models cíclics. Això indicaria que els futurs mestres tenen una idea més clara sobre la circulació de l'aigua per a la ciutat.

Tot i així, tant l'alumnat de primària com els estudiants del Grau tenen un desconeixement del funcionament real del cicle urbà. Només un 29% dels estudiants del GEP representa un cicle que s'adequa al funcionament real del cicle urbà de l'aigua, és a dir, en el que es mostra clarament el punt de captació, el transport i els dos sistemes de tractament de la qualitat de l'aigua (la potabilització i la depuració) situats en ubicacions adequades. Les representacions del 71% restant dels estudiants responen a models molt diferents, que suggereixen que no tenen una "fotografia" suficientment clara dels processos principals del seu funcionament.

Taula 54. Coneixement del cicle urbà. Comparació de les freqüències (GEP i EP)

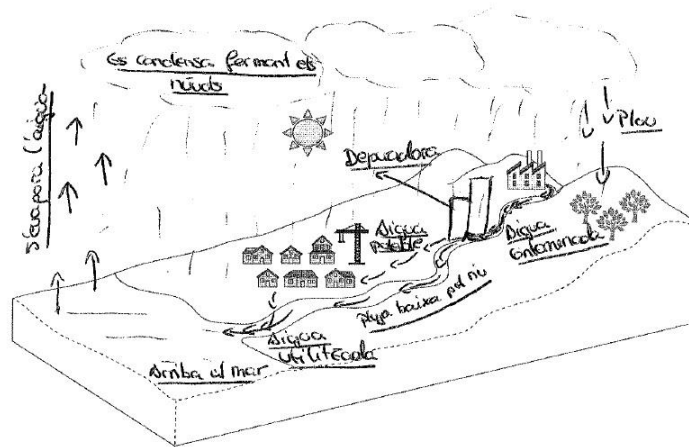
Tipologia de representació	GEP		EP	
Tipologia 0: No el dibuixen	0	0%	41	16%
Tipologia 1: Model no cíclic	8	13%	97	37%
Tipologia 2: Model transport de l'aigua	5	8%	24	9%
Tipologia 3: Model transport i un tractament	22	35%	58	22%
Tipologia 4: Model tractament abans i després	9	15%	30	11%
Tipologia 5: Model potabilització i depuració	18	29%	11	4%
Tipologia 6: Model abastament i sanejament	0	0%	2	1%
Total	62		263	

Font: elaboració pròpia utilitzant uns criteris prèviament definits per aquesta recerca. Sent GEP (estudiants Grau d'Educació Primària) i EP (alumnat d'Educació Primària)

La il·lustració 25 es mostra un exemple de les representacions més predominants (model transport i tractament) i a la Il·lustració 26, es mostra un exemple de les representacions més desitjables (model potabilització i depuració).

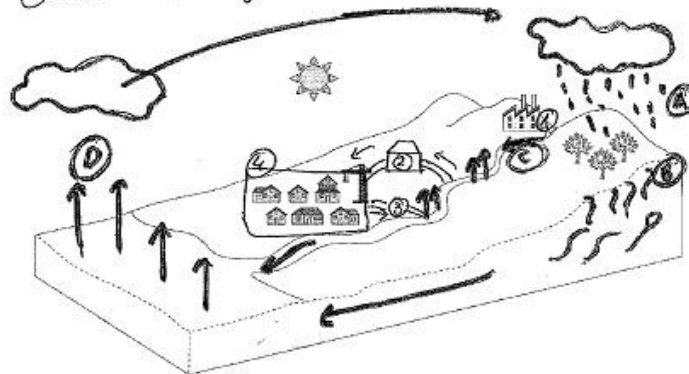
Il·lustració 25. Exemple model transport i un tractament (GEP_Alum41)

- Cicle de l'aigua
- Cicle depuradora.



Il·lustració 26. Exemple model potabilització i depuració (GEP_Alum4)

- 1) Depuradora: per evitar aixecar residus al riu.
- 2) Potabilitzadora: per veure aigua potable pel poble (aigua corrent).
- 3) Depuradora: per evitar aixecar residus de la població al riu.
- 4) sistema de clarificació



L'anàlisi més detallada de la comparació de les representacions del cicle urbà (taula 55) permet identificar les idees més freqüents (més conegudes) i les menys freqüents, és a dir, aquells processos del funcionament del cicle urbà que més es desconeixen.

Taula 55. Comparació característiques representacions del cicle urbà (GEP i EP)

<i>Característiques del cicle urbà</i>	<i>GEP</i>	<i>EP</i>
Cicle tancat	13%	47%
Identificar com a mínim un punt de captació de l'aigua	84%	68%
No preveure cap tractament de l'aigua	5%	40%
Només preveure el tractament previ al consum	16%	39%
Només preveure el tractament posterior al consum	26%	5%
Identificar la necessitat de tractar l'aigua abans i després del seu consum	48%	15%
Representar una instal·lació única que fa les dues funcions	16%	4%
Representar els dipòsits d'aigua elevats	6%	6%
Considerar els aspectes energètics	5%	7%

Font: elaboració pròpia. Sent GEP (estudiants Grau d'Educació Primària) i EP (alumnat d'Educació Primària)

Els estudiants del GEP mostren reconèixer millor la necessitat de tractar l'aigua al llarg del seu cicle urbà. Tanmateix tenen confusions a l'hora d'identificar les funcions de cada instal·lació i ubicar-les correctament. Per exemple, un 64% dels estudiants ha representat la idea de la potabilització (inclosa a les categories: tractament previ, tractar abans i després) però alguns d'ells anomena el procés de depuració com a procés que fa potable l'aigua captada (com la representació de l'alumne 41 de la Il·lustració 25). També un 16% dels estudiants que representen la idea de tractar l'aigua abans i després del seu consum, ho fan representant una única instal·lació (que anomenen depuradora) i que fa la doble funció de netejar les aigües residuals i fer potable l'aigua captada.

Aquests resultats són un reflex del desconeixement general de la ciutadania, derivada del fet de que aquestes instal·lacions acostumen a ser poc visibles als ciutadans. En canvi, les depuradores, com que es troben més repartides per tot el territori i són més visibles, possiblement són més conegudes i això explicaria perquè aquest concepte ha estat més freqüentment utilitzat (inclosos en les categories: tractament posterior, tractament abans i després i instal·lació única).

La principal dificultat que es destaca de les dades, en relació a la crisi de l'aigua, és que no es planteja el funcionament del cicle urbà (transport, distribució i tractaments) en termes energètics ja que només un 5% dels estudiants hi han fet referència. El sistema de distribució de l'aigua cap a les cases encara sembla més desconegut, tal i com evidencia el fet que només el 6% dels estudiants hagin representat els dipòsits elevats com a sistema d'emmagatzematge, però també com a sistema que fa possible transportar i elevar l'aigua fins a les diferents plantes d'un edifici pel principi de vasos comunicants. Tampoc s'ha tingut en compte el sistema de bombeig (bombes elèctriques) que permetren el transport de l'aigua. Aquestes absències indiquen que els

estudiants encara no han assumit que la qüestió energètica és cabdal per fer possible el funcionament del sistema de proveïment i de sanejament de l'aigua.

C. Comparació del posicionament en la resolució d'un problema ambiental

Els resultats (Taula 56) senyalen que els estudiants del GEP han solucionat aquesta qüestió d'una manera ben diferenciada de l'alumnat de Primària. Un 47% dels estudiants han aplicat solucions tecnològiques a la fàbrica mentre que en el cas de l'alumnat de primària, aquesta solució només ha estat plantejada pel 14% de l'alumnat.

Aquestes diferències també s'evidencien en el fet que un 22% de l'alumnat de primària ha plantejat situacions allunyades de la realitat (com per exemple, tancar la fàbrica o canviar-la de lloc perquè no contaminin o bé traslladar els residus contaminants a d'altres indrets) i en canvi, els estudiants del GEP són més realistes i tenen més tendència a cercar solucions tecnològiques (depuradores). Tot i així, un 38% ha situat la depuradora riu avall, sense tenir en compte que els residus tòxics ja estan impactant sobre l'ecosistema del riu.

Taula 56. Tipologia de solució al problema ambiental (GEP i EP)

Solució abocament fàbrica	GEP	EP
No fan res	15%	33%
Eliminen la fàbrica o la canvien de lloc	0%	12%
Traslladen el problema	0%	10%
Apliquen solucions tecnològiques al riu	38%	30%
Apliquen solucions tecnològiques a la fàbrica	47%	14%

Font: elaboració pròpia utilitzant la proposta de classificació de Sanmartí (XX). Sent GEP (respostes estudiants Grau d'Educació Primària) i EP (respostes alumnat d'Educació Primària)

A les següents figures es pot veure les dues tipologies de solucions més plantejades, sent la figura 69 la solució més desitjable.

Figura 68. Apliquen solucions tecnològiques al riu (GEP_Alum33)

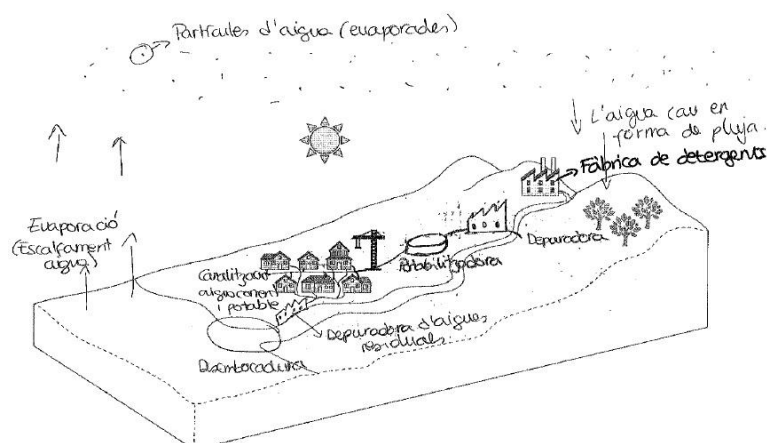
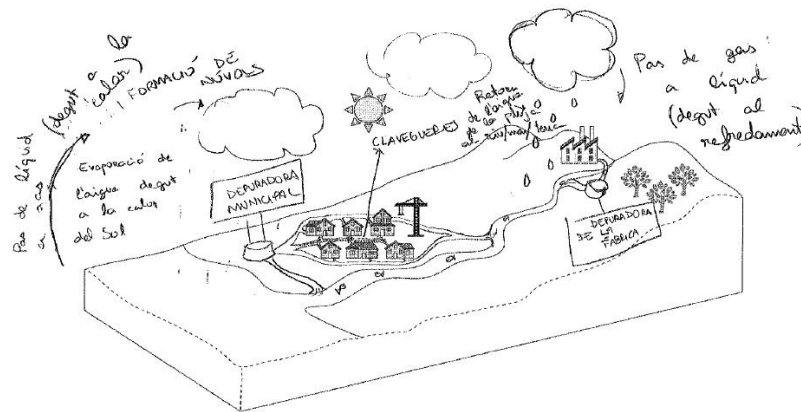


Figura 69. Apliquen solucions tecnològiques a la fàbrica (GEP_Alum49)



4.3.2 Anàlisi interpretativa dels resultats de la comparació dels coneixements inicials dels estudiants de grau amb els de l'alumnat de primària

A continuació s'interpreten les possibles raons que explicarien perquè els coneixements inicials dels estudiants del GEP i els coneixements de l'alumnat (així com les dificultats descrites en els apartats anteriors) són coincidents en molts aspectes.

En el cas del cicle natural de l'aigua, els coneixements inicials dels estudiants del GEP indiquen que no tots ells tenen assolits els coneixements esperats. Els estudiants no han considerat les aigües subterrànies, mostren dificultats per explicar la reversibilitat dels canvis (explicar les causes del procés de condensació) i no tenen en compte l'evapotranspiració.

Poden ser múltiples els motius que explicarien aquests resultats. Possiblement no només es tracta de la quantitat de temps d'ensenyament-aprenentatge rebut sobre el cicle de l'aigua (que generalment no és massa extens) sinó de la qualitat del temps dedicat, és a dir, si aquest temps s'ha distribuït adequadament per ajudar a l'alumnat a progressar realment en aquelles qüestions que tenia més dificultats. I possiblement, atesos els resultats obtinguts, no s'ha donat cap de les dues opcions. A més a més, com ja s'ha comentat en els apartats anteriors, els models visuals de cicle natural que s'inclouen a molts llibres de text contenen simplificacions excessives o omissions que no ajuden a superar les dificultats descrites.

En el cas del cicle urbà de l'aigua, els estudiants del GEP han mostrat tenir més coneixements inicials que l'alumnat de primària perquè han representat cicles més tancats i complets, en els que s'inclouen més sistemes de tractament de l'aigua. Amb tot, les representacions mostren que, tot i que "obrir l'aixeta" és un fet quotidià, els processos que ho fan possible no són prou coneguts per a la població adulta i tampoc, pels futurs mestres.

Les diferències en els coneixements dels estudiants del GEP i l'alumnat d'EP es poden explicar principalment perquè per a l'alumnat de primària era la primera vegada que tractava aquesta qüestió des de l'escola i, com ja s'ha explicat en els apartats anteriors, no en tots els casos s'ha tractat amb la mateixa profunditat (com per exemple, fent activitats metareflexives). En canvi, pels estudiants del GEP, donada la seva edat, han pogut tenir moltes més experiències (informacions, vivències...) que han contribuït a millorar la comprensió en relació al cycle urbà de l'aigua, tal i com s'aprofundirà més endavant quan s'exploren les experiències significatives de vida en el marc del focus-group.

Les dificultats es poden explicar perquè el cycle urbà és una qüestió tractada de manera molt superficial des de l'escola i que els llibres de text sovint també simplifiquen excessivament, com per exemple, obviant la qüestió energètica o presentant el cycle urbà de manera separada del natural. A més, tampoc ho facilita el fet que les ciutats tinguin amagades les instal·lacions que sostenen el funcionament del cycle urbà i això fa encara més difícil prendre consciència de la importància de fer un ús sostenible d'aquest recurs (Castelltort, Sanmartí & Pujol, 2014).

Els resultats també indiquen com algunes de les dificultats identificades en el cas del cycle natural es continuen evidenciant en la representació del cycle urbà, com per exemple, no tenir en compte la captació de les aigües subterrànies per extreure'n aigua pel consum humà.

D'altra banda, en el cas de la resolució de la problemàtica dels abocaments també s'han detectat diferències importants. Els estudiants del GEP, tot i haver superat la visió antropocèntrica que predomina en l'alumnat de primària en la cerca de solucions, no tots ells tenen una visió més ecocèntrica en la que s'identifiqui la importància de la conservació dels ecosistemes.

Aquests resultats permeten plantejar dues qüestions interessants:

- (1) la necessitat d'ajudar als futurs mestres des de la formació inicial a prendre consciència que les pròpies dificultats, si no són superades, continuaran reproduint-se a l'aula i es transferiran als futurs alumnes.
- (2) la importància del sistema educatiu en l'aprenentatge de les ciències, ja que hi ha coneixements que si no s'aprenen o no es comprenen prou bé des de l'educació obligatòria, serà més difícil d'aprendre'ls fora del sistema educatiu.

Per aquest motiu, es va planificar una seqüència didàctica que ajudés a millorar el coneixement del cycle urbà i interrelacionar-lo amb el cycle natural, ja que aquest és necessari per ajudar a identificar que la disponibilitat d'aigua pel consum humà és limitada. Representar el funcionament del cycle urbà permet fer més visible uns processos molt complexos que fan possible el fet quotidià d'obrir l'aixeta i tenir aigua. I també possibilita començar a reconèixer algunes de les característiques de l'ecosistema urbà com, per exemple, la dependència d'altres sistemes per obtenir l'aigua, l'energia i la

matèria que necessita i els impactes que genera en retornar-los al medi en menor qualitat (Terradas, 2001). I aquest coneixement pot afavorir la presa de decisions i l'adopció de comportaments que afavoreixin la preservació dels recursos hídrics.

En síntesi, els resultats d'aquesta comparació entre els coneixements inicials del cicle de l'aigua dels futurs mestres amb els coneixements de l'alumnat de primària, alerten de la importància de que des de la formació inicial no es perdi l'oportunitat d'ajudar als estudiants a superar les pròpies dificultats, a millorar els coneixements i donar eines per estimular la formació continuada. D'aquesta manera, es pot contribuir a evitar que aquestes dificultats siguin reproduïdes en el seu futur exercici docent i per tant, es perpetuïn en el sistema educatiu. A més, cal afegir que diversos autors (Gunckel et al., 2012; Márquez, 2002; Daniel P; Shepardson et al., 2009) consideren que millorar el coneixement esdevé important per comprendre les raons per les quals cal preservar els recursos hídrics (quins, com i perquè). Per exemple, el desconeixement de la circulació subterrània pot esdevenir un obstacle per comprendre les conseqüències de la sobreexplotació de l'aigua subterrània o de la problemàtica de la seva contaminació.

Finalment, aquestes dades han permès als estudiants identificar els propis punts de partida. Un fet imprescindible per regular les idees inicials i progressar en els aprenentatges, tal i com s'analitza a l'objectiu següent.

4.3.3 Anàlisi descriptiva dels resultats d'aprenentatge després de realitzar la seqüència didàctica

Per identificar la contribució de la seqüència d'activitats en l'aprenentatge dels estudiants s'han analitzat les dades de les produccions inicials i finals (veure apartat A) i s'han analitzat les metareflexions expressades en els qüestionaris (final i on-line) i en la sessió del focus-grup (veure l'apartat B).

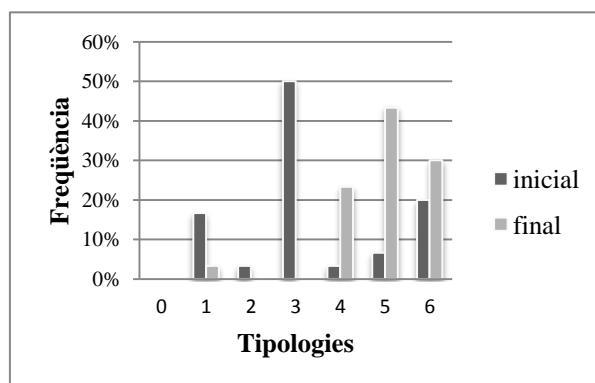
Cal tenir en compte que en les produccions finals (examen), els estudiants tenien la possibilitat de representar un dels dos cicles (35 van escollir el cicle natural i 31 el cicle urbà). Les dades s'han analitzat fent ús dels mateixos criteris d'avaluació i classificant les representacions segons les categories pre-establertes.

A. Aprenentatges identificats en les representacions del cicle de l'aigua

A.1.El cicle natural de l'aigua

La comparació dels resultats inicials i finals (gràfic 2 i taula 57) permet observar que els estudiants han progressat en el seu aprenentatge però no en totes les direccions desitjables. El resultat més destacable és la progressió de les representacions inicials (situades principalment en els models superficials o tipologia 3) cap a models que tenen en compte la circulació subterrània (tipologies 4, 5 i 6).

Gràfic 2. Evolució de la tipologia de representació del cycle natural (GEP)



A la Taula 57 es mostra l'evolució de les característiques dels cycle naturals representats. En primer lloc, s'observa que els estudiants han progressat clarament en el reconeixement de les aigües subterrànies. La totalitat dels estudiants les han considerat a les representacions finals, és a dir, que el 73% de l'alumnat ha millorat. També han progressat en identificar el procés d'infiltració i l'existència de la circulació subterrània ja que si inicialment ho van fer el 27% dels estudiants, en finalitzar han estat el 80% dels estudiants. Tanmateix, no en tots els casos s'evidencia clarament com les aigües subterrànies es reincorporen de nou en el cycle hidrològic i per això, un nombre destacat de representacions s'ha situat en el tipus 5 o model d'aigua subterrània com a una reserva independent.

Els estudiants també han progressat en la idea de continuïtat i tancament del cycle, ja que en les representacions finals tots ells l'expliciten. En canvi, els resultats indiquen que no s'han produït canvis ni millores a l'hora d'explicar els canvis d'estat (evaporació i condensació principalment), ni com els agents causals (energia del Sol i força de la gravetat) fan possible la circulació de l'aigua entre els diferents magatzems. Tampoc han identificat el paper dels éssers vius en el cycle com a dipòsits d'aigua que també poden retornar-la al medi, per exemple, les plantes poden retornar-la a l'atmosfera a través de l'evapo-transpiració.

Taula 57. Evolució de les característiques del cycle natural representat (GEP)

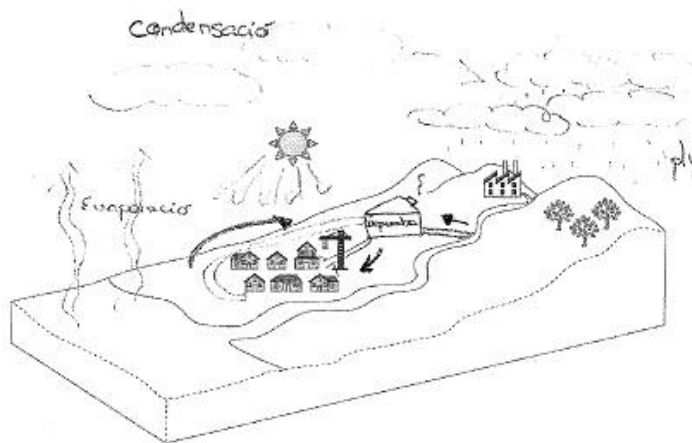
<i>Característiques</i>	<i>Inicial</i>	<i>final</i>
Representar un cycle tancat	83%	100%
Considerar només un cycle atmosfèric	3%	0%
Tenir en compte la intervenció dels éssers vius en el cycle	7%	13%
Identificar la presència d'aigua subterrània	27%	100%
Representar l'aigua subterrània (infiltració i circulació subterrània)	27%	80%
Expliquen/citen canvis per escalfament	93%	93%
Expliquen/citen canvis per refredament	57%	43%
Identifiquen els agents causals: energia del sol	17%	30%
Identifiquen els agents causals: força de la gravetat	0%	0%

Font: Elaboració pròpia. Sent "Inicial" els resultats de l'anàlisi de les representacions realitzades abans de la instrucció i "finals" les realitzades en finalitzar l'assignatura (exàmen final)

A continuació es mostra l'exemple d'un estudiant que a la representació inicial només té en compte la circulació atmosfèrica i superficial (Il·lustració 27a) i en canvi, a l'activitat de l'examen (Il·lustració 27b) té en compte les aigües subterrànies i a més, explica les causes del procés de la condensació.

Il·lustració 27. Exemple d'evolució dels aprenentatges del cicle natural (estudiant 1)

a. Coneixements inicials



b. Coneixements finals

2- El cicle de l'aigua

a. Després d'haver treballat a classe el cicle de l'aigua proposa als criteris d'avaluació que utilitzaries per fer una diagnosi dels dibuixos del cicle de l'aigua fets per alumnes de primària. Tria entre fer els criteris del cicle natural o del cicle urbà. (1p)

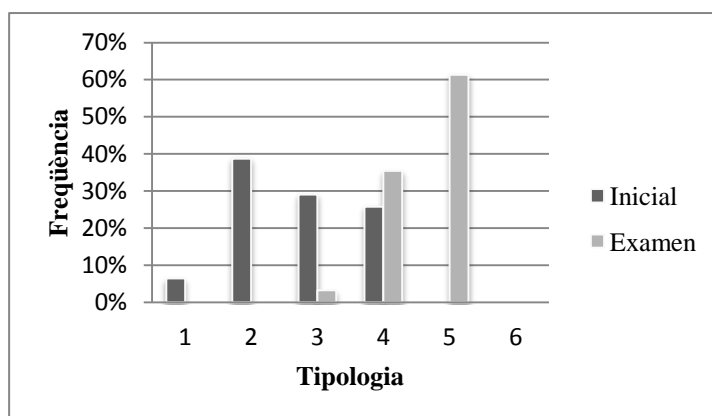
cicle natural

0	• Identifica la pluja no només a les muntanyes, i s'espera aigua del mar, als rius i els llacs.
0,15	
0,3	
0,4	
0,55	• Fa referència a l'atmosfera que s'eleva i baixa.
	• Identifica les aigües subterrànies de infiltració i la circulació d'aquesta cap al mar.
	• Fa referència a l'evaporació de l'aigua per mitjà del seu escalfament, però també a la condensació per mitjà del refredament.

A.2. Cicle urbà de l'aigua

Els resultats de la comparació de les representacions inicials i finals també permeten evidenciar els aprenentatges dels estudiants en relació al cicle urbà de l'aigua (Gràfic 3). Els estudiants han progressat principalment en la representació de models més complets en els que es té en compte la necessitat de tractar l'aigua abans i després del seu consum (tipologies 4 i 5). Tot i així, no hi ha cap estudiant que hagi realitzat representacions finals que incloguin el sistema d'abastament, el de sanejament i les necessitats energètiques del cicle.

Gràfic 3. Evolució de la tipologia de representació del cycle urbà (GEP)



Mitjançant l'anàlisi de l'evolució de les característiques del cycle urbà representat (Taula 58) s'ha pogut comprovar que la progressió ha estat més evident en la millora de la diferenciació dels dos principals tractaments de l'aigua (potabilització i depuració) i en prendre consciència de les necessitats energètiques que requereix el funcionament del cycle urbà. Tot i així, els estudiants no han aprofundit en com l'energia intervé en el cycle de l'aigua (per exemple, explicant les formes d'energia que intervé en el cycle, en quins moments cal aportar energia al sistema i per a quins motius). Però el fet d'identificar-la és un primer pas per a la comprensió de la interrelació entre l'aigua i l'energia una qüestió que esdevé clau per entendre la crisi mundial de l'aigua (Olsson, 2012; World Water Assessment Programme, 2014) per assumir nous compromisos de planificació integrada i d'acció proambiental.

Com a conseqüència d'aquesta poca consciència de les necessitats energètiques del cycle urbà, el nombre d'estudiants que han fet referència als dipòsits a l'activitat final, tot i que ha augmentat, continua representant un reduït percentatge.

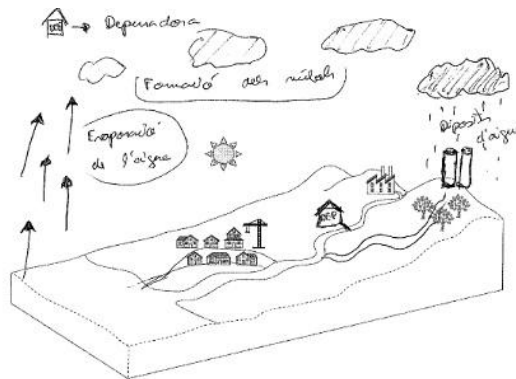
Taula 58. Evolució de les característiques del cycle urbà representat (GEP)

<i>Característiques</i>	<i>Freqüència inicial</i>	<i>Freqüència final</i>
Representar un cycle tancat	90%	81%
Identificar algun punt de captació de l'aigua	77%	68%
Identificar clarament la xarxa de distribució i la xarxa de clavegueram	3%	39%
No preveure cap tractament de l'aigua	10%	0%
La idea del tractament hi és present però només se'n cita un, s'ubica o s'anomena incorrectament.	68%	3%
Identificar la necessitat de tractar l'aigua abans i després del seu consum	23%	97%
Representar els dipòsits	10%	26%
Considerar els aspectes energètics	3%	61%

Font: Elaboració pròpia. Sent "Inicial" els resultats de l'anàlisi de les representacions realitzades abans de la instrucció i "finals" les realitzades en finalitzar l'assignatura (examen final)

A continuació es mostra l'exemple de l'evolució dels aprenentatges en un mateix estudiant. A la representació inicial (Il·lustració 28) l'estudiant representa la captació de l'aigua de pluja mitjançant uns dipòsits però no té en compte el seu tractament previ ni posterior. En canvi, a l'activitat de l'examen (Il·lustració 29) l'estudiant explicita que, per tenir un bon coneixement del cicle urbà cal tenir en compte –entre d'altres qüestions- la potabilització i la depuració.

Il·lustració 28. Coneixements inicials cicle urbà (estudiant 48)



Disposen d'un dipòsit d'aigua amb molta capacitat d'aigua i que recullen l'aigua de la pluja.
 La depuradora neteja l'aigua que surt de la fàbrica.
 L'aigua neta arriba a parar al mar, agraïda fins a reconegut subterrani.

Il·lustració 29. Coneixements finals del cicle urbà (estudiant 48)

2- El cicle de l'aigua

a. Després d'haver treballat a classe el cicle de l'aigua proposa els criteris d'avaluació que utilitzaries per fer una diagnosi dels dibuixos del cicle de l'aigua fets per alumnes de primària. Tria entre fer els criteris del cicle natural o del cicle urbà. (1p)

Cicle urbà

Per coneixement: - El cicle natural de l'aigua
 - Arriba l'aigua al poble

Normal: - El cicle natural de l'aigua
 - Depuradora / potabilitzadora
 - Arriba l'aigua a poble
 - Reconegut lògic

0
0
0'1
0'2
0
0
0'3

Madri coneixement:

- Ha parlat el cicle natural de l'aigua
- Ha tingut en compte la depuradora i la potabilitzadora
- Ha parlat un reconegut lògic
- Arriba l'aigua al poble
- Ha tingut en compte el reconegut subterrani.
- Ha parlat el cicle urbà de l'aigua

B. Aprenentatges identificats en les metareflexions

A continuació (Taula 59) es presenten els resultats de l'anàlisi dels aprenentatges explicitats pels estudiants en dos moments diferents del procés: en finalitzar la seqüència d'activitats sobre l'aigua (enquesta final) i un any després (enquesta online). En el cas de l'enquesta final, s'ha analitzat la pregunta "què penseu que heu après realitzant aquesta activitat del cicle natural i urbà de l'aigua?" i en el cas de l'enquesta on-line, la pregunta sobre els aprenentatges específics que recorden de cada activitat realitzada (*representar els cicles, coavaluar-los, comparar-se amb l'alumnat de primària, millors que recorden*). I també s'inclouen comentaris del focus-group realitzat en finalitzar l'assignatura. Per facilitar l'anàlisi de les dades, aquestes s'han agrupat en les dimensions conceptuals, didàctica i d'actitud professional.

Taula 59. Metareflexions sobre el procés d'aprenentatge: dimensió conceptual (GEP)

DIMENSIÓ	FAMÍLIA	CATEGORIES	Enquesta final		Enquesta on-line	
			Freqüència absoluta citacions	%	Freqüència absoluta citacions	%
DIMENSÍO CONCEPTUAL	Aprendre sobre el cicle urbà	Tractaments	23	16%	13	8%
		Captació i/o distribució	13	9%	6	3%
		Contaminació	2	1%	1	1%
		Energia	20	14%	1	1%
		Cicle urbà (general)	13	9%	6	3%
	TOTAL		71	50%	27	16%
	Aprendre sobre el cicle natural	Circulació subterrània	13	9%	19	11%
		Magatzems d'aigua	3	2%	4	2%
		Estats/canvis d'estat/canvis de lloc	0	0%	9	5%
		Circulació superficial	0	0%	2	1%
		Cicle natural (general)	3	2%	2	1%
	TOTAL		19	13%	36	21%
	Aprendre sobre el cicle de l'aigua globalment	Organitzar millor la representació	26	18%	10	6%
		Relacionar els dos cicles	2	1%	3	2%
	TOTAL		28	20%	49	28%
TOTAL DC		118	83%	112	65%	
TOTAL ESTUDIANTS						17

Taula 60. Metareflexions sobre el procés d'aprenentatge: dimensió didàctica i actitud professional (GEP)

DIMENSÍO	FAMÍLIA	CATEGORIES	Enquesta final		Enquesta on-line	
			Freqüència absoluta citacions	%	Freqüència absoluta citacions	%
DIDÀCTICA	Funció de la coavaluació	Eina per identificar els propis coneixements	1	1%	3	2%
		Eina per conèixer la diversitats de concepcions	0	0%	3	2%
		Eina per identificar coneixements i dificultats	6	4%	5	3%
		Eina per comparar i aprendre	1	1%	11	6%
		Eina per aprendre a avaluar i aplicar-la a l'aula	5	4%	7	4%
	TOTAL		13	9%	29	17%
	Funció de conèixer els resultats de la recerca	Conèixer concepcions de l'alumnat de Primària	0	0%	12	7%
		Comparar els nostres coneixements amb els de Primària	0	0%	3	2%
		Comparar-nos per veure dificultats o concepcions que perduren	0	0%	6	3%
		Comparar-nos per reconèixer què hem de millorar i regular l'aprenentatge	0	0%	4	2%
TOTAL		0	0%	25	15%	
TOTAL DD		13	9%	54	31%	
ACTITUD PROFESSIONAL	Valor de la formació contínua	7	5%	3	2%	
	TOTAL	7	5%	3	2%	
	Relatiu a com ensenyar	4	3%	3	2%	
TOTAL		4	3%	3	2%	
TOTAL DAP		11	8%	6	3%	
TOTAL CITACIONS				142	172	
TOTAL ESTUDIANTS					17	

Els resultats obtinguts (taula 59 i 60) complementen les dades analitzades en les produccions escrites i les enriqueix amb nous matisos. A continuació es descriu la contribució de la seqüència en les diferents dimensions identificades:

- **Contribució a la dimensió conceptual.** Les dades de les enquestes són coherents amb els resultats obtinguts de l'anàlisi de les produccions escrites (dibuix cicles) ja que els estudiants afirmen haver millorat les representacions del cycle urbà (destacant els tractaments), el cycle natural (destacant les aigües subterrànies) i millorat en la representació del cycle de l'aigua (més complertes). En el cas de la qüestió de l'energia, tot i que les produccions escrites i l'enquesta final es mostra que els estudiants van associar-la al cycle urbà de l'aigua, un any més tard ja no en fan pràcticament cap referència (només una citació). Aquest fet és indicador de la dificultat de comprendre la qüestió de la relació *aigua-energia* si no es fa amb profunditat ja que és una tema que socialment encara no es planteja i que tampoc ha estat tractat des dels centres educatius. Doncs tot i ser un dels principals reptes de futur, encara hi ha poc material divulgatiu a l'abast. En aquest sentit, caldria avaluar si aprofundir en com l'energia intervé en cada procés del cycle urbà de l'aigua (identificant formes d'energia, fonts d'energia, consum i emissions) ajudaria a millorar la comprensió de la relació aigua-energia.
- **Contribució a la dimensió didàctica.** Un any després de realitzar les activitats, els estudiants les recorden i hi reflexionen destacant especialment, aspectes relacionats amb la funció de l'avaluació. Hi ha una freqüència més gran de citacions en l'enquesta on-line perquè es van plantejar preguntes concretes orientades a recollir informació sobre aquesta dimensió. La totalitat dels estudiants recorden i valoren positivament l'activitat de coavaluació i 13/17 en destaquen aspectes metacognitius com per exemple, la importància d'identificar coneixements i dificultats, de comparar i aprendre o d'aprendre a avaluar. La següent citació recull aquests tres aspectes:

[Estudiant 52] " Crec que és molt interessant avaluar als companys ja que d'una banda l'aprenentatge entre iguals és molt enriquidor i per tant pots descobrir coses que un mateix no tenia consciència i d'altra banda, perquè saber avaluar és una de les eines més potents per esdevenir un bon futur professional de l'educació."

En el cas de la funció de conèixer els resultats de la recerca, els resultats també senyalen que la totalitat dels estudiants recorden l'activitat i que 10/17 estudiants també destaquen aspectes metacognitius relacionats amb la importància d'identificar les dificultats o concepcions que perduren o de reconèixer què cal millorar per regular coneixements. Les següents citacions, ho exemplifiquen:

[Estudiant 27] "Va ser interessant comprovar com les diferències de representacions prèvies encara continuaven. Els nens de primària mostraven diferents idees sobre el què era el cycle de l'aigua, igual que nosaltres. Això ens va reafirmar la complexitat del fenomen".

[Estudiant 62] “ La comparació de l'actualitat i el deixar entrar l'aula real a les classes de la universitat sempre ajuden a millorar el nostre procés d'ensenyament i aprenentatge. Comparar i veure els aprenentatges que en "teoria" tenim assolits, sempre resulta molt enriquidor”.

La diversitat de respostes recollides a la dimensió didàctica, també indiquen que una part important dels estudiants han reconegut la funció de les activitats plantejades des de la pròpia vivència i que aquestes, en ser recordades amb tanta nitidesa un any després de realitzar-les, fan pensar que s'ha mostrat efectives per a l'aprenentatge.

- **Contribució a la dimensió sobre l'actitud professional.** Els estudiants han fet referència a la importància de la formació permanent, de millorar els coneixements científics per tal de ser capaços d'ajudar als futurs alumnes així com de saber escollir les estratègies didàctiques més adequades. Tot i ser la dimensió menys anomenada aquest fet no li resta valor perquè ha estat una dimensió emergida (no esperada) de les respostes dels estudiants tant dels qüestionaris com de la sessió del focus-group. La dimensió recull diferents aspectes afectius ja que els estudiants han expressat emocions de sorpresa, culpabilitat i indignació en veure que les seves dificultats són similars a les dels futurs alumnes. Unes emocions que els han conduït a motivar l'explicitació d'actituds futures envers la pràctica docent, tal i com ho explicita clarament el següent estudiant:

[Estudiant 52] "Crec que veure els resultats dels nens de primària ens dóna motius per estar en una permanent formació i alhora esbrinar que en alguns casos els nens poden anar més enllà dels continguts essencials que marca el currículum".

D'altra banda, la sessió del focus-group també han aportat reflexions d'interès que reforcen algunes de les idees recollides a les dimensions anteriors. A continuació es mostra una transcripció del fragment on els estudiants valoren la funció de la recerca en didàctica i el fet de comparar els seus coneixements amb els de l'alumnat:

Figura 70. Metareflexions focus-grup de la dimensió didàctica (GEP)

Estudiant A: Si volem que els nens aprenguin està bé conèixer les seves dificultats.
 Estudiant B: I també les pròpies. Perquè em vaig quedar parada que hi hagués gent que aquestes alçades encara no faci correctament el cicle de l'aigua. Que serem mestres i hi ha una base que se suposa que hem de saber. I si aquesta base la tenim coixa, què ensenyarem als nostres alumnes? Crec que ens ha fet prendre consciència dels nostres coneixements i del que hem de continuar treballant [...].
 Estudiant D: Ens va molt bé pel nostre futur saber que nosaltres estem aquí.
 Estudiant E: És significatiu i molt necessari estudis com aquest i se n'haurien de fer més perquè són més importants que estudis com els gustos de la població amb el perfum X. És més important i més normal. I que no és tan difícil organitzar sortides i activitats sobretot si estàs a la ciutat. Veure depuradores, dipòsits... cal sortir de les idees abstractes i virtuals i tenir experiències que et fan veure i contactar amb la realitat. [...]
 Estudiant H: també hem de ser conscients que ens cal seguir formant-nos.

A més, és important considerar que part d'aquests resultats s'expliquen per altres vivències o experiències viscudes dins i fora l'escola que també han contribuït al procés d'aprenentatge sobre el cicle de l'aigua. La sessió de focus-group ha permès fer una aproximació en la identificació d'experiències formatives significatives per a comprendre el cicle de l'aigua. A la Taula 61 s'inclouen les experiències expressades que han estat agrupades segons si es relacionen amb el context escolar (educació formal) i el context personal (educació no formal, professional, social).

Taula 61. Records d'experiències significatives relacionades amb l'aigua (GEP)

Experiències viscudes en el context escolar (dins i fora de "l'aula")	Experiències viscudes en el context personal
<p>"Fora de classe": Excursions i visites (fonts de Collserola, fonts del Riu Llobregat, seguiment d'un curs del riu, visita al Museu de les Aigües de Sabadell).</p> <p>"Dins de l'escola": Calcular el consum d'aigua domèstica (ecoauditoria), estudiar i investigar el balanç hídric d'una conca i comparar-la amb les necessitats hídriques de la seva població, analitzar factures de l'aigua; representar el cicle de l'aigua en un dibuix.</p>	<p>Context professional: treballar com a educadora ambiental guiant grups escolars en espais naturals i exposicions (necessitat de formar-se).</p> <p>Context educació no formal: grups d'<i>esplai</i> o <i>escoltes</i> (acampades en el medi natural, activitats o debats sobre temes ambientals...), campanyes de sensibilització de la sequera del 2008.</p> <p>Context educació informal: parlar amb els amics, el lloc on es viu (per exemple, si hi ha una depuradora propera).</p> <p>Altres: tenir curiositat, fer-se preguntes.</p>

Segons Chawla (2006) aquells esdeveniments que han tingut una importància o un efecte important en les pròpies vides produeixen records més acurats i vius que aquells esdeveniments que han tingut menys importància. En aquest sentit, tenint en compte les respostes relacionades amb l'àmbit de l'educació formal, les dades indiquen que les activitats realitzades *fora de classe* i així com les activitats d'investigació han estat dos tipus d'esdeveniments molt recordats, fet que seria indicador de la seva importància en el procés d'aprenentatge.

4.3.4 Anàlisi interpretativa de la contribució de les activitats en l'aprenentatge dels futurs mestres

La comparació dels coneixements inicials i finals dels estudiants i les metareflexions recollides en diferents instruments han permès identificar quina ha estat la contribució de la seqüència en el procés d'aprenentatge dels estudiants en els àmbits de les dimensions conceptual, didàctica i d'actitud professional. Diversos autors (Shulman, 1987; Garritz & Trinidad-Velasco, 2004; Mellado et al., 2014) consideren que desenvolupar els àmbits cognitius (dimensió conceptual i didàctica) i els afectius (dimensió actitud professional) és de gran importància per a la formació del *Pedagogical Content Knowledge (PCK)* o coneixement didàctic del contingut en els mestres en formació (Van Driel, Verloop, & De Vos, 1998).

A la taula següent es relacionen les tasques realitzades al llarg de la seqüència amb els aprenentatges identificats a través de l'anàlisi de les produccions escrites i de les metareflexions. També s'inclouen aquells aprenentatges que no s'han assolit.

Taula 62. Síntesi de la contribució de la seqüència en l'aprenentatge (GEP)

<i>Tasques realitzades</i>	<i>Funció</i>	<i>Aprenentatges detectats</i>	<i>Aprenentatges no detectats</i>
T1. Activitat individual de representació del cicle natural i urbà de l'aigua.	Fer emergir coneixements inicials sobre la circulació de l'aigua per la natura i la ciutat.	Dimensió conceptual: Consideració de les aigües subterrànies (infiltració i circulació); tancament i complertesa	Dimensió conceptual: explicacions en relació als canvis d'estat (especialment condensació) i en considerar els agents causals
T2. Coavaluació de les representacions dels cicle natural.	Regulació idees inicials cap a models que incloguin la infiltració i circulació de les aigües subterrànies. Reconèixer la funció de l'avaluació en la regulació de les idees inicials.	Dimensió didàctica: Funció reguladora de l'avaluació, importància identificar coneixements inicials i dificultats	
T3. Exposició magistral de la professora entorn el concepte de "cicle".	Modelització des de la perspectiva del cicle. Dificultats de l'alumnat entorn al model del cicle natural.		
T4. Lectura d'un article	Exemple d'una seqüència didàctica com a <i>model</i> per explicar la circulació de l'aigua per la natura.		
T5. Visualització d'un audiovisual sobre el cicle urbà.	Introduir nous continguts sobre la circulació de l'aigua per la ciutat.	Dimensió conceptual: diferenciació tractaments; tancament i complertesa.	Dimensió conceptual: reconèixer les necessitats energètiques i l'energia intervé en el cicle.
T6. Avaluació de les representacions inicials del cicle urbà.	Regulació de les idees inicials cap a models que incloguin els sistemes de tractament i distribució de l'aigua. Reconèixer la funció de l'avaluació en la regulació de les idees inicials.	Dimensió didàctica: funció avaluació, funció de la recerca en la millora docent	
T8. Presentació dels resultats de les representacions del cicle urbà (alumnat primària i estudiants)	Identificació de les dificultats de l'alumnat de primària entorn el cicle urbà de l'aigua.	Dimensió actitud professional: valor formació contínua, saber escollir estratègies didàctiques, consciència de superar les pròpies dificultats	
T9. Resposta a un qüestionari metareflexiu.	Prendre consciència del propi procés d'aprenentatge. Reconèixer la funció de la regulació metacognitiva en l'aprenentatge.		

Font: elaboració pròpia

Els resultats de l'anàlisi de les produccions escrites (finals) i de les metareflexions dels estudiants mostren que les tasques realitzades al llarg de la seqüència han contribuït en el desenvolupament de les tres dimensions identificades.

L'anàlisi de les produccions escrites ha permès identificar els aprenentatges relacionats amb la dimensió conceptual (tant del cycle natural com l'urbà) i també identificar aquells aspectes en els que no s'han produït aprenentatges evidents.

Encara que l'enquesta on-line (enviada un any després de l'experiència) no va ser contestada per la totalitat dels estudiants, en ser una mostra força representativa de la diversitat del grup (en termes d'edat, gènere i qualificacions finals), fa pensar en una possible generalització dels resultats. D'altra banda, l'interès d'aquestes dades també rau en identificar els coneixements i experiències que han perdurat a la memòria dels estudiants un any després i que per tant, es poden interpretar com aquelles que han tingut més impacte en el propi procés d'aprenentatge i no com a conseqüència immediata de l'acció educativa.

A. Motius que expliquen la contribució de les activitats en l'aprenentatge

Els resultats sobre les metareflexions dels estudiants s'han mostrat coherents amb els aprenentatges detectats a les produccions escrites (dimensió conceptual) i han ajudat a identificar com les activitats han contribuït al procés d'aprenentatge.

Representar el cycle natural i urbà de manera interrelacionada ha permès fer emergir les idees inicials que, posteriorment, amb l'activitat de coavaluació mitjançant l'ús d'uns criteris preestablerts, els estudiants han pogut prendre consciència de les pròpies dificultats i millorar-les (regulació metacognitiva). Concretament, els criteris d'avaluació han ajudat als estudiants a progressar en la identificació de les aigües subterrànies, en el cas del cycle natural i en diferenciar els dos tractaments de l'aigua, en el cas del cycle urbà.

Les metareflexions dels estudiants han aportat dades complementàries que han permès identificar els aprenentatges relacionats amb la dimensió didàctica (funció reguladora, explicitació de les idees inicials per ajudar a transformar-les). A més d'aquests aprenentatges, que també formen part dels objectius de l'assignatura, n'han emergit d'altres no esperats que s'han agrupat sota la denominació d'actitud professional. Aquests han vingut motivats pel fet de prendre consciència que les pròpies dificultats són semblants a les del futur alumnat. Davant aquest fet de sorpresa -com expressa una estudiant *"em vaig quedar parada que encara hi hagués gent que aquestes alçades no faci correctament el cycle de l'aigua."*-s'ha activat la dimensió afectiva ja que s'ha manifestat a través d'una actitud de compromís cap a la formació permanent per l'exercici de la tasca docent.

En aquest sentit, les activitats orientades a la regulació metacognitiva s'han mostrat efectives. D'una banda, perquè els estudiants han millorat els seus coneixements (tal i com s'ha comprovant mitjançant la comparació de les produccions inicials i finals) i de l'altra, perquè a través de les seves reflexions, han reconegut la seva doble funció: aprendre sobre allò que s'ensenya i aprendre sobre com ensenyar-ho.

B. Motius que expliquen les dificultats no superades

Tanmateix hi ha aprenentatges que no s'han produït i dificultats que tampoc han estat superades. Aquest és el cas de les dificultats per explicar les causes del procés de condensació o de les dificultats de saber identificar i explicar el paper de l'energia en el cicle urbà.

Aquests resultats s'expliquen pel fet que la seqüència didàctica possiblement no ha posat prou èmfasi en aquestes qüestions. En el cas de la condensació, en part perquè des de la formació superior ja es considera que és un coneixement assolit i que per tant, no caldria revisar. Però també és possible que les eines facilitades no s'hagin mostrat prou efectives per ajudar als estudiants a identificar les pròpies dificultats i regular-les o per destacar la importància de la comprensió d'aquest canvi d'estat. Un exemple d'aquest darrer aspecte, és que 6/7 estudiants que inicialment explicitaven les causes del procés de la condensació, a les produccions finals ni tants sols l'han anomenat.

Que els estudiants no hagin progressat en les seves explicacions sobre el procés de condensació es pot explicar, en primer lloc, perquè els criteris d'avaluació utilitzats tampoc l'anomenen ni es fa cap referència a les causes. De manera resumida, el text dels criteris d'avaluació (Figura 71) reforça l'explicació “*l'aigua s'evapora, es formen els núvols i plou*” i no en planteja cap referència sobre les causes (pèrdua de calor del vapor per transferència cap al medi), el procés (canvi d'estat de gas a líquid o sòlid) o la naturalesa dels núvols (petites gotes d'aigua). I aquesta no promou cap conflicte cognitiu en els estudiants atès que és l'explicació més comuna i estesa. I en el cas de l'evaporació, tot i que n'anomena el procés tampoc s'aprofundeix amb les causes però en aquest cas, possiblement tampoc seria necessari atès que és un coneixement ja s'ha adquirit culturalment.

Figura 71. Referència al procés de condensació de l'instrument usat de coavaluació

Tipus 2 o model atmosfèric: Tanca el recorregut de l'aigua en la natura però només considera dos magatzems: l'atmosfera i l'oceà, i dos fluxos: l'evaporació i la precipitació. **L'aigua inicia el seu recorregut al mar, on s'evapora, es formen els núvols i torna a ploure damunt del mar.**

Tipus 3 o model de circulació superficial: Afegeix a l'anterior la circulació superficial o el retorn de l'aigua continental a l'oceà (rius). Té en compte tres magatzems (atmosfera, escorça i oceans) i alguns dels fluxos entre aquests. **L'aigua del mar, dels rius, dels llacs s'evapora, es formen els núvols, plou a les muntanyes, es formen els rius i aquests van cap al mar.**

Tipus 4 o model de circulació subterrània: Afegeix l'aigua subterrània i la seva circulació, però no mostra el procés d'infiltració de l'aigua. **L'aigua del mar, dels rius i dels llacs s'evapora, es formen els núvols, plou, hi ha circulació superficial (els rius circulen cap al mar) i una part de l'aigua circula subterràniament fins arribar també al mar.**

Font: criteris definits per Márquez (2002)

D'altra banda, l'activitat de la lectura de l'article de Márquez (2005) planteja les dificultats de l'alumnat de primària en la comprensió de la causa de la condensació i la

naturalesa dels núvols (Figura 72). Tanmateix, aquesta lectura no ha fet una funció reguladora possiblement perquè els estudiants no han qüestionat les idees inicials i no han sigut prou conscients de les pròpies dificultats.

Figura 72. Fragments del l'article de Márquez (2005) on s'aprofundeix en les dificultats sobre el procés de la condensació en el marc del cicle de l'aigua

El canvi d'estat de l'aigua de líquid a gas com a conseqüència de la calor del sol o d'alguna altra font de calor és expressada amb facilitat pels alumnes. En contrapartida, tenen dificultats per explicar la condensació, ja que aquest canvi, a diferència de l'anterior, necessita que es transfereixi energia calorífica al medi, és a dir que el medi absorbeixi calor, un mecanisme que és més difícil de comprendre.

Font: Márquez, 2005 pp 31

En les explicacions dels alumnes, s'hi detecten algunes característiques força generalitzables:

- No diferencien el procés d'evaporació de l'aigua del mar (ja que fonamentalment l'aigua només s'evapora del mar) i la formació de núvols. Per a molts nens i nenes, l'aigua s'evapora i forma directament el núvol.
- Els núvols són considerats com un contenidor que ja existeix i són els núvols els que «absorbeixen», «filtren» i «evaporen» l'aigua. Segons aquestes explicacions, el vapor de l'aigua o l'aigua no forma els núvols, sinó que està dins d'uns contenidors preexistents que són els núvols.

Font: Márquez, 2005 pp32

Aquest resultat mostra que quan es planifiquen activitats, també s'està prioritzant els continguts sobre els quals s'espera que els estudiants demostrin conèixer al finalitzar l'assignatura (examen final). I si aquestes activitats no posen atenció de manera explícita a les dificultats (si no es prioritzen aquests continguts) és més difícil que els estudiants centrin la seva atenció en el seu aprenentatge (i així ho demostrin a l'examen).

Tal i com s'aprofundirà en el darrer apartat (objectiu 4), s'ha detectat la necessitat de planificar activitats específiques orientades a aprofundir en les dificultats detectades (condensació, el paper de l'energia en el cicle de l'aigua) amb la finalitat de que puguin ser compreses, recordades (no oblidar-les) i que els estudiants, quan siguin mestres puguin ajudar a l'alumnat a construir aquests conceptes.

Un exemple, és que en el curs 13-14 (el curs següent d'aquesta seqüència didàctica) l'equip docent de l'assignatura va planificar una activitat amb aquesta orientació i que era avaluada per la professora (Figura 73). Tot i que ha quedat fora de l'abast d'aquesta recerca avaluar-ne els resultats, s'intueix que aquest tipus d'activitat ajuda a posar de relleu la importància de dedicar el temps d'aula a ajudar a superar les dificultats de l'alumnat (alhora que també es reflexiona sobre les pròpies). Per exemple, per pensar amb possibles activitats per ajudar a progressar en relació a la comprensió del procés de condensació, cal pensar també sobre les pròpies idees i regular-les en base a les explicacions científiques.

Figura 73. Pregunta relacionada amb l'activitat de lectura de l'article

*1-Tenint en compte les dificultats i/o mancances que s'han posat de manifest en dibuixar el **cicle de l'aigua natural**, tria'n dues i explica a partir de la lectura de l'article què es podria fer a l'aula de primària per treballar-les. (Extensió màxima 1 plana)*

Una altra qüestió que sembla que les activitats no han ajudat a reflexionar prou ha estat sobre com l'energia intervé en ambdós cicles. Tot i que en el cas del cicle natural, l'energia del Sol és àmpliament identificada -encara que no tothom l'hagi representada-, el paper de la força de la gravetat no ha estat identificat, tot i ser un concepte també prou conegut, no s'ha establert la relació amb el cicle (els criteris d'avaluació tampoc ho han fet).

En el cas del cicle urbà, la qüestió energètica s'ha explicitat tant en els criteris d'avaluació (Figura 74) com també, a l'audiovisual i a l'exposició oral. Tanmateix, aquestes activitats han estat efectives a curt termini ja que un any després, els estudiants ja no mencionen la qüestió de les necessitats energètiques com a aprenentatge que ha perdurat en la memòria.

Figura 74. Criteri d'avaluació del cicle urbà on s'especifiquen les necessitats energètiques

Model abastament i sanejament: Inclou els aspectes anteriors però també té en compte les necessitats energètiques del procés. Es representa el sistema d'abastament de manera complerta i també s'inclou els aspectes relacionats amb el consum d'energia. L'aigua potabilitzada es bombeja fins a uns dipòsits elevats on és emmagatzemada per ser distribuïda mitjançant les canonades i aprofitant la força de la gravetat. També pot incloure la idea de l'aprofitament del principi dels "vasos comunicants" en tots aquells edificis més baixos que el dipòsit i/o la idea que cal bombar l'aigua en aquells edificis situats en una alçada major.

Font: criteris del cicle urbà utilitzats amb els estudiants del GEP (versió provisional)

Per aquest motiu, s'ha plantejat una modificació de l'enunciat de l'activitat de representació del cicle de l'aigua per destacar la qüestió energètica com un aspecte rellevant del cicle urbà però també ha quedat fora de l'abast d'aquesta recerca avaluar-ne els resultats (Figura 75).

Figura 75. Proposta de modificació de l'enunciat de l'activitat

Enunciat de l'activitat: Dibuixa tot el que s'hauria de fer per tal que els futurs habitants tinguessin aigua corrent i potable a les cases i el camí que seguiria l'aigua un cop fos utilitzada. Dibuixa també el cicle natural de l'aigua i, si et cal, afegeix -hi paraules o frases.

Proposta de nou enunciat: Dibuixa tot el que s'hauria de fer per tal que els futurs habitants tinguessin aigua corrent i potable a les cases **de manera que el consum d'energia fos el mínim** i el camí que seguiria l'aigua un cop fos utilitzada. Dibuixa també el cicle natural de l'aigua i, si et cal, afegeix -hi paraules o frases.

Possiblement, caldria plantejar noves propostes per ajudar a interpretar el cicle natural i urbà de l'aigua en termes energètics, és a dir, identificar com els agents causals (el Sol i

la gravetat) en el cas del cycle natural possibiliten que l'aigua circuli de manera natural o en el cas del cycle urbà, quines formes d'energia i fonts d'energia es necessiten pel seu funcionament. I veure que en el cas del cycle urbà, cal introduir l'energia al sistema per tal que pugui funcionar.

4.3.5 Conclusions de l'objectiu 3

Els resultats dels coneixements inicials dels futurs mestres en relació al cycle de l'aigua indiquen que, especialment en el cas del cycle natural, tenen dificultats semblants a les dels seus futurs alumnes de primària. Aquesta dada alerta de la importància que des de la formació inicial no es perdi l'oportunitat d'ajudar als estudiants a superar les pròpies dificultats, a millorar els coneixements i donar eines per estimular l'autoavaluació i la formació continuada.

Millorar aquest coneixement és imprescindible per dos motius principals: (1) per contribuir, com a futurs docents, a ajudar a l'alumnat a construir el propi coneixement de manera que puguin regular les seves dificultats evitant així que es perpetuïn en el sistema educatiu i; (2) per comprendre les raons per les quals cal preservar els recursos hídrics -quins, com i perquè- (Gunckel et al., 2012; Márquez, 2002; Daniel P; Shepardson et al., 2009) ja que és una condició que és necessària (tot i que no suficient) per promoure actituds proambientals envers la conservació de l'aigua.

Els resultats inicials mostren que els coneixements adquirits durant l'educació obligatòria, si més no en el cas del cycle de l'aigua, no són els que un mestre hauria de tenir. Les raons que podrien explicar aquesta situació poden ser diverses: (1) que el cycle de l'aigua s'ensenyi com a *model per a interpretar* enlloc de esdevenir un *model que cal construir* afavoreix més la memorització de conceptes que no pas la seva comprensió; (2) que es dediqui poc temps a construir coneixements que són complexos i que requereixen activar idees prèvies i regular concepcions alternatives; (3) el poc temps que es dedica a les activitats experimentals (per exemple, sobre els canvis d'estat) que han de permetre saber explicar científicament els fenòmens observats; (4) la influència dels interessos o la formació del professorat sobre què i com s'ensenyia; (5) la dificultat que els resultats de les investigacions s'apliquin a les aules; (6) la realització de poques activitats fora de l'aula, com les visites in situ, que permeten tenir un coneixement directe sobre la realitat i els problemes de l'aigua; (7) poques oportunitats de reflexionar sobre el propi procés d'aprenentatge.

Malgrat que des de la formació inicial de mestres es pressuposa que els coneixements científics ja estan assolits i que, només cal revisar-los per posar l'accent en els enfocaments didàctics, sembla que això no és suficient en molts dels continguts de l'àmbit d'educació científica de Primària. Per aquest motiu, la seqüència d'activitats del cycle de l'aigua que s'ha presentat en aquesta investigació i que s'ha desenvolupat en el marc de l'assignatura de Didàctica de les Ciències, ha estat planificada com a estratègia per millorar aquesta situació.

Avaluar l'impacte de la seqüència mitjançant diferents tècniques (qüestionaris, focus-group, anàlisi de documents) i en diferents moments temporals (a l'inici i al final de la seqüència i un any després), ha permès obtenir informació d'interès per detectar en quins àmbits, els coneixements dels estudiants han progressat i si aquest progrés, s'ha mantingut un any després de realitzar la seqüència.

En el cas del cicle natural, la progressió més evident s'ha manifestat en considerar les aigües subterrànies (infiltració i circulació) i en la idea de continuïtat i tancament del cicle. Aquesta progressió s'ha vist afavorida per l'activitat de la coavaluació ja que els criteris d'avaluació de l'instrument facilitat posa l'accent en aquestes dues qüestions. En canvi, no s'han identificat millores en les explicacions sobre les causes dels canvis d'estat (especialment la condensació) ni sobre el paper dels agents causals en el funcionament del cicle (energia del sol i força de la gravetat), que en els criteris, potser tampoc queden prou explicitats. En el cas de les causes de la condensació, les dades senyalen que aquesta dificultat possiblement no va ser superada durant l'educació obligatòria i que la seqüència tampoc ho ha afavorit.

Aquests resultats condueixen a pensar que és imprescindible decidir on es “posa l'accent” en qualsevol acció formativa ja que això afavorirà els aprenentatges cap a la direcció desitjada. En el cas del cicle natural de l'aigua, les dades inicials van mostrar l'interès en centrar l'atenció a la circulació subterrània i al procés de la condensació. Però els resultats de la progressió han evidenciat que no s'ha millorat en relació en aquest segon aspecte. Això fa pensar en la necessitat d'introduir noves activitats que ajudin a fer emergir les idees prèvies i que ajudin a regular-les a través d'activitats de caràcter més experimental i orientades al *fer, pensar i comunicar* (Izquierdo et al., 2004; Pujol, 2003; Sanmartí, 2002).

En el cas del cicle urbà, les activitats realitzades han afavorit una progressió en els aprenentatges cap a una idea més precisa del seu funcionament (especialment en relació amb els tractaments) malgrat que, no s'ha aconseguit aprofundir en la relació *aigua-energia*. Si bé és cert que la qüestió energètica va ser introduïda i identificada pels estudiants, tal i com evidencien les dades dels qüestionaris finals, un any després aquesta qüestió ja no ha estat esmentada. Cal afegir que, la bibliografia sobre la relació *aigua-energia* es relativament recent (Olsson, 2012b; United Nations, 2014) i donat que, aquesta qüestió es considerada com un dels reptes de futur més importants, caldrà pensar com introduir-la en l'àmbit educatiu.

D'altra banda, les diferents activitats de metareflexió que s'han dut a terme, han contribuït a que l'alumnat prengui consciència de les pròpies dificultats i de la responsabilitat que, com a futurs mestres, tenen per evitar que es perpetuïn a través del seu exercici docent. Això ha afavorit que s'expliciti (fins i tot davant de tot el grup) la importància d'adoptar una actitud de formació permanent com a futurs professionals de l'educació.

La gran varietat de reflexions obtingudes en els dos qüestionaris i especialment, un any més tard, permeten comprovar la importància de les activitats orientades a la regulació metacognitiva. Les explicacions facilitades pels estudiants (tant de caràcter cognitiu

com afectiu) i la seva orientació cap a la futura tasca docent indiquen que la seqüència plantejada contribueix al desenvolupament del coneixement didàctic del contingut. Aquest exercici d'identificar les dificultats entorn al cicle de l'aigua (també les pròpies) és una condició necessària per ajudar als futurs alumnes a superar-les.

Tenint en compte que les experiències viscudes com a estudiant també tenen un pes important en la formació del PCK, en el focus-group s'han identificat algunes de les expressades pels estudiants amb millors representacions inicials del cicle natural i urbà. La tipologia d'activitats recollides és coherent amb les aportacions de la investigació educativa com per exemple, la importància de les sortides al medi natural o sortides de camp per conèixer des de l'experiència els fenòmens naturals sobre els quals es vol aprendre, les activitats experimentals i d'investigació.

4.4 RESULTATS OBJECTIU 4: CONSTRUIR UN MAPA D'IDEES I DE PROGRESSIÓ QUE ORIENTI LA FORMACIÓ D'UNA NOVA CULTURA AMBIENTAL DE L'AIGUA

En aquest darrer objectiu es sintetitzen els principals resultats de la investigació realitzada mitjançant l'elaboració de tres propostes de mapes d'idees (mapa del cicle natural, mapa del cicle urbà i mapa del consum i la conservació de l'aigua). Aquests mapes pretenen ser una eina útil per orientar al professorat la planificació de propostes d'ensenyament-aprenentatge sobre l'aigua. Prèviament a la presentació dels mapes, s'aprofundeix en dues propostes de progressió de les principals dificultats detectades en l'alumnat de primària i en els estudiants del GEP.

4.4.1 Presentació

Els resultats presentats en els capítols anteriors han evidenciat la necessitat d'afavorir processos d'ensenyament i aprenentatge que ajudin a millorar la comprensió del concepte de la condensació i de com l'energia intervé en el cicle natural i urbà de l'aigua.

A continuació es presenten, en primer lloc, els nivells de progressió en relació al concepte de la condensació que s'han definit a partir dels resultats obtinguts amb l'alumnat de primària i els estudiants del GEP. Aquesta eina pot ajudar al professorat a identificar el punt de partida del seu alumnat i a escollir les estratègies de regulació metacognitiva més adequades al grup que els permetin progressar cap als nivells superiors.

En el segon apartat, es fa una proposta per incloure la qüestió de l'energia en el cicle natural i urbà de l'aigua. Donat que no s'han obtingut suficients dades per construir nivells de progressió, es planteja la importància d'incloure com flueix l'energia en cada canvi o fase del cicle natural i urbà de l'aigua i com aquesta es degrada.

4.4.2 Proposta de nivells de progressió sobre el procés de condensació

A l'anàlisi dels resultats obtinguts a les tres escoles de primària i dels estudiants del GEP descrits anteriorment s'ha fet referència a les dificultats de l'alumnat envers la construcció d'explicacions sobre les causes del procés de la condensació. El conjunt d'explicacions escrites pels estudiants del GEP i l'alumnat d'EP, donada la seva diversitat, han permès traçar possibles etapes de progressió en la comprensió d'aquest concepte (veure Taula 63).

Les etapes de progressió seleccionades s'han definit tenint en compte si el contingut dels textos escrits feien referència a: la idea de procés o canvi d'estat (E3); el procés i el lloc on es produeix (E4) i, les anteriors i aprofundint amb les causes (E5 i E6). En el cas de l'E6, no s'ha obtingut cap exemple de les produccions escrites. Les etapes inicials

recullen l'expressió mínima que tota persona pot elaborar (E1) i aquelles explicacions que contenen idees errònies (E2).

Aquesta proposta de nivells de progressió pot ajudar al professorat a identificar el punt de partida del seu alumnat i relacionar-lo amb un nivell de progressió. També l'orienta sobre les principals dificultats de les explicacions de l'alumnat (no usar el concepte, els implícits i les ambigüitats, les concepcions alternatives). I s'indica un possible itinerari per afavorir la construcció d'aquest concepte, en el que primer es proposa identificar el procés (el canvi d'estat) i en segon lloc, les causes d'aquest procés.

Taula 63. Nivells de progressió per a l'explicació del concepte de la condensació

<i>Nivells de progressió</i>	<i>Descripció</i>	<i>Exemple</i>
E1	Expliquen que l'aigua s'evapora i forma els núvols (sense citar concepte, procés o causa o inclouen idees errònies)	<i>1: 38 [8] "evaporació, formació núvols, tempesta"</i>
E2	Citen el procés de la condensació però no l'expliquen o inclouen idees errònies (els núvols són vapor d'aigua; els núvols es condensen)	<i>1:51 [16] "condensació" [30] "l'aigua del mar s'evapora i forma els núvols, els núvols es condensen i formen precipitacions..."</i>
E3	Identifiquen el procés de condensació com el pas de <i>gas a líquid</i> però no expliquen ni les causes ni el lloc on es produeix.	<i>1:12 [5] "pas de líquid a gas, evaporació, formació de núvols/ aire/ pas de gas a líquid" 1:17 [33] "evaporació (escalfament aigua)/ partícules d'aigua evaporades/ l'aigua cau en forma de pluja"</i>
E4	Identifiquen el procés anterior i associen la formació dels núvols com el lloc on es produeix el procés de condensació. És a dir, els núvols són petites gotes d'aigua que s'han format en nuclis de condensació.	<i>1:6 [59] "l'aigua s'evapora i el vapor d'aigua s'eleva i va formant els núvols/ condensació es van formant les gotes/ quan la condensació és molt elevada l'aigua es precipita"</i>
E5	Identifiquen el procés, el lloc i la causa que explica el procés de condensació és el "refredament" del vapor.	<i>1:7 [49] "pas de líquid a gas (degut a la calor)/evaporació de l'aigua degut a la calor del Sol/ formació núvols/ pas de gas a líquid (degut al refredament)"</i>
E6	Identifiquen el procés, el lloc i la causa que explica el procés de condensació és la transferència d'energia del vapor al medi.	L'aigua evaporada comença a condensar degut a la transferència d'energia en forma de calor cap al medi ("pèrdua de calor"). Les partícules en suspensió de l'atmosfera actuen com a nucli de condensació on l'aigua en estat gasós passa en estat líquid o gel (cristalls) en funció de la temperatura.

Font: elaboració pròpia

4.4.2.1 Anàlisi dels nivells de progressió del concepte condensació en els estudiants de grau

Aquesta proposta de nivells de progressió s'ha utilitzat per analitzar les explicacions dels estudiants del GEP i l'alumnat d'EP. A continuació es presenten alguns dels resultats.

En el cas dels estudiants del GEP, s'ha fet una anàlisi de la comparació de les explicacions inicials i finals però, com es pot observar a la Taula 64, no s'ha identificat una clara progressió malgrat ser una qüestió plantejada des de l'assignatura. La majoria d'explicacions se situen en els nivells E1 i E2 i n'hi ha molt poques situades en nivells superiors.

Aquest resultat és un indicador de la dificultat de comprensió de la reversibilitat dels canvis (vapor a líquid) que ja ha estat descrita per diversos autors (Piaget, 1930; Osborne et al, 1983; Bar, 1989; Márquez, 2002; Márquez & Bach, 2007). Els resultats obtinguts en els estudiants del Grau, senyalen que aquestes dificultats no s'han superat i per tant, és un aspecte important d'abordar des de la formació de mestres.

Taula 64. Comparació explicacions inicials i finals segons el nivell progressió (GEP)

Nivell	Respostes inicials	Respostes finals
E1	<p>[4] "durant el cicle es produeixen precipitacions i evaporacions"</p> <p>[8] "evaporació, formació núvols, tempesta"</p> <p>[15] "evaporació, pluja"</p> <p>[25] "evaporació, formació núvols, pluja"</p> <p>[32] "evaporació, pluja"</p> <p>[38] "evapotranspiració, formació de núvols, pluja"</p>	<p>[5] "l'aigua s'evapora, es forma els núvols i torna a ploure"</p> <p>[61] "l'aigua dels rius, mar, llacs i oceans s'evapora i forma els núvols"</p>
E2	<p>[16] (només anomena)</p> <p>[24] (només anomena)</p> <p>[30] "l'aigua s'evapora i forma nous núvols mitjançant la condensació i el cicle comença de nou"</p> <p>[55] (només anomena)</p> <p>[64] (només anomena)</p>	<p>[16] "representa el cicle sense oblidar-se de l'evaporació, la condensació i la precipitació i la discretitza correctament"</p> <p>[24] "Dibuixa l'evaporació i la relaciona amb els núvols? (explicitant o no la paraula condensació)" "l'aigua s'evapora i amb aquesta es formen els núvols"</p> <p>[30] "l'aigua del mar s'evapora i forma els núvols, els núvols es condensen i formen precipitacions..."</p> <p>[55] "li falten alguns nom com condensació. Tot i que posa "vaporitza l'aigua" i "plou" estaria millor posar noms més "científics" (evaporació, condensació i precipitació)"</p> <p>[4] "apareixen tots els processos principals del cicle: evaporació, precipitació, infiltració, condensació i transpiració"</p> <p>[8] "posa o escriu diferents processos de l'aigua: evaporació, condensació, precipitació" ; "condensació (cúmul d'aigua)"</p> <p>[5] "fa una bona integració del cicle, cita els aspectes més rellevants com evaporació, condensació, pluja, neu, curs del riu...."</p> <p>[25] "queden reflectits els processos principals (evaporació, condensació, precipitació, transport d'aigua i la infiltració)"</p> <p>[32] "El procés que segueix l'aigua: s'evapora, es condensa (forma núvols), precipita i torna a iniciar el cicle"</p> <p>[38] "sap distingir l'evaporació de l'aigua de la condensació i la transpiració"</p>

E3	[5] "pas de líquid a gas, evaporació, formació de núvols/ aire/ pas de gas a líquid" [33] "evaporació (escalfament aigua)/ partícules d'aigua evaporades/ l'aigua cau en forma de pluja"	[64] "En el dibuix es veuen bé els canvis d'estat [...] podries utilitzar paraules corresponents als canvis d'estat. S'evapora l'aigua però també es condensa i precipita"
E4	[1] (indica que en el núvol té lloc el procés de condensació) [58] "plou l'aigua va al riu, amb la calor s'evapora i es condensa formant núvols, després quan hi ha molta torna a precipitar" [59] "l'aigua s'evapora i el vapor d'aigua s'eleva i va formant els núvols/ condensació es van formant les gotes/ quan la condensació és molt elevada l'aigua es precipita" [61] "líquid gas (evaporització)/ vent mou/condensació (gas-líquid)/ precipitació" 1:22 [67] "evaporació/ condensació en forma de gotes (formació de núvols)/ precipitació"	[67] "s'indiquen els diferents processos que formen part del cicle de l'aigua (evaporació, condensació, etc.)"; "indica els canvis d'estat però no s'utilitza el vocabulari específic del cicle (evaporació, condensació, precipitació, filtració, etc.). S'observa l'aigua en estat líquid però no sembla que els núvols estiguin formats per les gotes d'aigua evaporades ni es mostra la seva condensació"
E5	[49] "pas de líquid a gas (degut a la calor)/evaporació de l'aigua degut a la calor del Sol/ formació núvols/ pas de gas a líquid (degut al refredament)"	[1] "fa referència a l'evaporació de l'aigua per mitjà del seu escalfament, però també a la condensació per mitjà del refredament"
E6	-	-
*		[58], [59]
**		[33], [49]

Font: elaboració pròpia. Sent [X] el número identificador de l'estudiant; * quan no fa cap referència a la condensació a la producció final i ** l'estudiant ha respost l'opció del cicle urbà

L'anàlisi dels textos escrits que fan els estudiants sobre la condensació permet identificar quines dificultats i concepcions alternatives encara perduren. D'aquesta anàlisi se'n destaquen algunes qüestions d'interès:

- **No aprofundeixen en les explicacions sobre el procés i les causes de la condensació.** Per exemple, tot i que poden utilitzar el concepte *condensació* en els seus escrits i l'associen als núvols, no inclouen cap explicació que mostri una comprensió clara d'aquest concepte.
1:47 [30] "l'aigua s'evapora i forma nous núvols mitjançant la condensació i el cicle comença de nou".
- **Quan s'elabora alguna explicació, s'identifiquen possibles dificultats i concepcions alternatives,** com per exemple:
 - **Ambigüitat sobre la naturalesa dels núvols.** A la majoria de casos els estudiants no expliciten si els núvols són vapor d'aigua o aigua líquida, com per exemple, [24] "l'aigua s'evapora i amb aquesta es formen els núvols". I l'únic estudiant que ho fa a l'examen final tampoc mostra tenir un coneixement clar: [67] "indica els canvis d'estat però no s'utilitza el vocabulari específic del cicle (evaporació, condensació, precipitació, filtració, etc.). S'observa l'aigua en

estat líquid però no sembla que els núvols estiguin formats per les gotes d'aigua evaporades ni es mostra la seva condensació".

- **Es considera que els núvols estan constituïts per vapor d'aigua en lloc de petites gotes d'aigua líquides o sòlides.** En alguns casos, els textos inclouen idees alternatives sobre la naturalesa dels núvols.

[30] "l'aigua del mar s'evapora i forma els núvols, els núvols es condensen i formen precipitacions...".

- **Ambigüitat a l'hora d'explicar la causa del procés de condensació o s'associa al procés "d'absorció" de fred enlloc de "pèrdua" o transferència d'energia en forma de calor.** En aquest cas, la idea de "refredament" pot incloure la concepció alternativa "el vapor agafa el fred" enlloc de "el vapor perd calor".

"[49] pas de líquid a gas (degut a la calor)/evaporació de l'aigua degut a la calor del Sol/formació núvols/pas de gas a líquid (degut al refredament)".

- **Explicar la precipitació per la "concentració" de matèria en el núvol i no com a conseqüència de l'augment del tamany de les gotes que les fan precipitar per la força de la gravetat:**

[58] "plou l'aigua va al riu, amb la calor s'evapora i es condensa formant núvols, després quan hi ha molta torna a precipitar".

[59] "quan la condensació és molt elevada l'aigua es precipita".

4.4.2.2 Anàlisi dels nivells de progressió del concepte condensació en l'alumnat de primària

En el cas de l'alumnat de primària, les explicacions escrites també es troben en els primers nivells de progressió (Taula 65).

Taula 65. Explicacions de l'alumnat de primària segons els nivells de progressió

Nivell	Respostes
E1	<p>Idea "l'aigua s'evapora i forma els núvols"</p> <p>E3E118 "El sol dona calor i l'aigua s'evapora. Es creen els núvols. [dibuix núvol que plou].</p> <p>E3E1604 "Per l'escalfament del sol l'aigua s'evapora i es creen els núvols. L'aigua cau en forma de pluja".</p> <p>E3E1520 "L'aigua sabapuritza i fan núvols. Plou i l'aigua baixa pel riu".</p> <p>E3E212 "L'aigua és bapura. Crea els núvols i els núvols descarreguen l'aigua".</p> <p>E25A17 "L'aigua del mar o dels rius s'evapora gràcies al sol i després aquella aigua evaporada es converteix en núvols. Com ja sabeu després l'aigua cau en forma de gota (pluja)...".</p> <p>E25A20 "l'aigua s'evapora, es transforma en núvols i es solidifica".</p> <p>Idea "els núvols només estan fets de vapor d'aigua"</p> <p>E3E151 "Necessitem el Sol per avaporitzar l'aigua. El núvol de vapor avaporitzat tot. Necessitem els núvols per tenir pluja".</p> <p>E3E1516 "[fletxes del mar cap a un núvol]. Núvol [escrit a dins]. Gasos [escrit al costat]"</p> <p>E24A1 "Núvol creat de vapor, núvol normal. Núvol petit [pluja]. Nuvolet[pluja]. Nuvolet[neu]".</p>

	<p>Idea de núvol com a contenidor</p> <p>E3E1509 “Primer l’aigua del mar s’evapora. Els núvols se l’emporten i llavors plou”.</p> <p>E3E201 “L’aigua s’evapora i puja els núvols. Els núvols van cap a les muntanyes. Els núvols expulsen l’aigua i formen la pluja”.</p> <p>E3E206 “[dibuixa mar i núvol] 1. Absorbeix [indica núvol]. 2. Plou al mar o riu.</p> <p>E3E211 “L’aigua s’evapora i puja cap als núvols. Els núvols es van carregant i es van movent de lloc. Una vegada s’han mogut de lloc comencen a descarregar (ploure).</p> <p>E3E213 “Els raig de sol evaporen l’aigua. Puja [indica núvols] Els núvols (fets amb vapor). Neva (en aquest cas)”.</p> <p>E3E218 “s’evapora l’aigua del mar i del riu. Després el vapor se’n va cap als núvols. Després plou i torna a fer el mateix procés”.</p> <p>E3E220 “l’aigua s’evapora i puja als núvols. Quan plou l’aigua va al riu...”.</p> <p>E25A16 “Amb el sol s’evapora l’aigua, va cap als núvols i s’omplen d’aigua. Els núvols van a la muntanya i quan plou, se’n va al riu,...).</p> <p>E26B01 “Aigua (mar) [fletxa cap al núvol]. “Agafa” aigua [indicant el núvol]. Quan està molt carregat d’aigua plou [indicant el núvol]”.</p> <p>E26B06 “amb la evaporització de l’aigua, els núvols agafen aigua. Després plou”.</p> <p>E1519 “El núvol agafa aigua i quan el núvol no pot absorbir més aigua, el núvol deixa caure l’aigua”.</p> <p>E1618 “L’aigua s’evapora. Va als núvols. Quan ja té bastanta aigua, plou”.</p> <p>E1416 “Vapor [indica aigua del mar].El núvol espira l’aigua per que ploqui [indicant el núvol].</p>
E2	<p>E3E1402 “[senyalen el Sol]. Evaporació. Condensació [en el núvol]. Vapor [una fletxa que mostra el núvol]. L’aigua [dibuix núvol i dins la paraula] . Pluja [una fletxa que la mostra].</p> <p>E24A17 “l’aigua s’evapora. Es condensa i formen els núvols. Els núvols s’ajunten i formen la pluja”.</p> <p>E1505 “El sol escalfa l’aigua i s’evapora i puja als núvols després es condensa. L’aigua es condensa i plou”.</p>
E3	<p>E25A7 “L’aigua s’evapora. L’aigua evaporada es transforma en un núvol. El núvol deixa anar les gotes d’aigua del que està fet”.</p> <p>E11407 “S’evapora, s’està convertint en núvol, el núvol s’omple de pluja o de neu.”</p>
E4	
E5	<p>Inclou l’idea de causa o procés però de manera imprecisa o amb idees errònies</p> <p>E3E203 “L’aigua s’evapora i es forma un núvol. Quan torna el fred el núvol es fa aigua i plou”.</p> <p>E3E1404 “El sol evapora l’aigua i l’aigua ebaportizada es converteix en un núvol [dibuix núvol cap a la muntanya i neu]. Primer el aigua es congela i després es descongela i baixa per la muntanya.</p> <p>Inclou la causa de la temperatura</p> <p>E3E221 “L’aigua s’evapora formant núvols. Hi ha un canvi de temperatures i això fa que els núvols es converteixin en pluja o neu (si fa fred). La neu o pluja cau al riu o mar”.</p> <p>E164 “L’aigua s’evapora, es fa un núvol amb el fred l’aigua es congela i cau en forma de neu”.</p> <p>E26A3 “L’aigua s’evapora amb el Sol. Es crea un núvol. El núvol es refreda i plou”.</p> <p>E25B4 “El vapor d’aigua. El fa el Sol en calentar l’aigua. El vapor d’aigua es condensa i es converteix en núvols. Depèn de la temperatura cau neu o aigua”.</p> <p>E1411 “El Sol dóna calor al riu i l’aigua es fa gas i puja. Quan arriba dalt del cel com que fa fred es fa un núvol. El núvol va cap a les muntanyes i plou”.</p> <p>E1401 “[indica Sol] evaporació [aigua de mar], fa fred [indica núvol], plou, neva, va a un riu i tornar a passar el mateix”.</p>
E6	

Font: elaboració pròpia

Els nivells de progressió identificats en aquest cas, també permeten identificar les dificultats i idees alternatives de l’alumnat de primària i veure que, en molts casos, són semblants a les dels estudiants del GEP. Tanmateix una de les principals diferències, és que la majoria de l’alumnat d’EP no utilitza el terme “condensació” i tampoc aprofundeix en el procés i les causes i per això, com que no es pot inferir el significat

que li donen, s'han situat al nivell E1. A més, en aquest nivell inicial de progressió també s'han pogut identificar diferents idees alternatives i dificultats :

- **Idea de que els núvols són fets de vapor:**
E3E151 "Necessitem el Sol per avaporitzar l'aigua. El núvol de vapor avaporitzat tot. Necessitem els núvols per tenir pluja".
- **Idea de que un núvol és com un contenidor on el vapor que "puja" i s'hi acumula o bé, un contenidor que absorbeix el vapor o l'aigua el mar.** En aquest cas, l'alumnat fa servir expressions com "l'aigua puja", "el vapor se'n va als núvols", "el núvol agafa/aspira/absorbeix l'aigua":
E3E201 "L'aigua s'evapora i puja els núvols. Els nubuls van cap a les muntanyes. Els nubuls expulsen l'aigua i formen la pluja"
E1519 "El núvol agafa aigua i quan el núvol no pot absorbir més aigua, el núvol deixa caure l'aigua"
- **Dificultats d'expressar amb claredat el concepte "condensació", és a dir, relacionar aquest concepte amb el canvi d'estat (de gas a líquid) de manera clara.** Cap alumne ha fet aquesta apreciació de manera explícita en els seus escrits i aquest resultat és indicador de la dificultat de saber explicar aquest canvi en el context de la formació dels núvols.
- **Imprecisions en les explicacions que inclouen la idea de *procés i causa*.** Tot i que hi ha alumnes que han fet referència a la temperatura com a causa del canvi d'estat, les seves explicacions són poc precises ja que no inclouen el concepte *condensació* o la idea de canvi d'estat no és prou explícita. És per aquest motiu que hi pocs alumnes situats en el nivell E5 i que evidencia un cop més la dificultat de comprensió d'aquest concepte.
E3E221 "L'aigua s'evapora formant núvols. Hi ha un canvi de temperatures i això fa que els núvols es converteixin en pluja o neu (si fa fred). La neu o pluja cau al riu o mar".
E1411 "El Sol dona calor al riu i l'aigua es fa gas i puja. Quan arriba dalt del cel com que fa fred es fa un núvol. El núvol va cap a les muntanyes i plou".

Millorar les explicacions en relació al procés de condensació i la formació dels núvols són aspectes necessaris per afavorir una bona comprensió del cicle natural de l'aigua. Segons els mapes de progressions suggerits per AAAS (2001), tenir una bona comprensió del cicle natural de l'aigua implica que els estudiants tinguin assolits les següents idees-clau: la conservació de la matèria (tancament del cicle), els canvis d'estats (quins són, què els provoca i com es mouen les molècules), la formació dels núvols, la formació de la pluja, els magatzems i la circulació de l'aigua entre els diferents magatzems.

4.4.2.3 Síntesi

Els resultats obtinguts en l'alumnat de primària i en els estudiants del GEP mostren que la formació dels núvols continua sent una *caixa negra* per la major part de l'alumnat que finalitza l'educació obligatòria i també l'educació superior. En aquest apartat, s'han descrit algunes de les dificultats detectades i concepcions alternatives en el marc d'una proposta de nivells de progressió. Aquests resultats assenyalen l'interès que des de la formació de mestres s'ajudi als estudiants a progressar en la millora de l'ús del coneixement científic i l'elaboració de les explicacions. Això és important tant per millorar el propi procés d'aprenentatge de nous coneixements com també, com a futur mestres, saber orientar els futurs alumnes. Tot i que Bar (1989) estableix una progressió per l'etapa (5-15) en la que situa en el nivell d'explicació màxim sobre la naturalesa dels núvols el "*identificar que els núvols estan fets de vapor i que aquest prové de diverses fonts entre les quals hi ha el mar*", des de la formació de mestres, entenem que cal aprofundir i ampliar la progressió cap a un coneixement més profund d'aquest procés. En aquest sentit, els nivells identificats en la progressió proposada pot ser una eina d'interès per afavorir la construcció d'aquest concepte i per ajudar als mestres en la planificació del procés d'ensenyament amb els seus alumnes.

4.4.3 Proposta de nivells de progressió per la qüestió de l'energia

En el marc teòric, s'ha comentat que prendre consciència de les necessitats energètiques que requereix el funcionament del cycle urbà, és un aspecte imprescindible per començar a comprendre la relació aigua-energia (NU, 2014; Olsson, 2012). Tot i que aquesta qüestió ha estat plantejada en una de les escoles (E3) i en els estudiants del GEP, els resultats no han mostrat una clara progressió en identificar el paper de l'energia en el cycle de l'aigua. Atès que no s'han obtingut suficients dades per a desenvolupar nivells de progressió, en aquesta proposta es planteja la importància d'incloure com flueix l'energia en cada canvi o fase del cycle natural i urbà de l'aigua i com aquesta es degrada. Una possible hipòtesi de treball tenint en compte el marc de les progressions d'aprenentatge seria:

Taula 66 Proposta de progressió per incloure l'energia en l'estudi del cycle de l'aigua

Nivell de progressió	Descripció
Nivell inicial	S'interpreta com flueix l'energia en el cycle natural de l'aigua a través de la identificació dels agents causals (energia del Sol, força de gravetat) que possibiliten que l'aigua circuli entre magatzems i dins un mateix magatzem.
Nivell intermedi 1	S'identifica que el cycle natural funciona gràcies a l'energia del Sol i que no necessita importar energia suplementària.
Nivell intermedi 2	Una vegada reconeguts els diferents processos que conformen el cycle urbà, s'identifica com intervé l'energia (com flueix i es degrada) i la necessitat d'importació d'energia externa pel funcionament del cycle urbà de l'aigua.
Nivell superior	Es reconeix la interrelació entre l'aigua i energia. Tenint en compte que cal energia per obtenir aigua potable i que cal aigua per extreure els combustibles (gas, petroli) i pels processos de producció energètica (centrals hidràuliques, refrigeració).

Font: elaboració pròpia

En el cas del cicle natural, el coneixement del paper de l'energia que arriba del Sol en possibilitar l'evaporació de l'aigua es pot considerar generalitzat. Tanmateix, la força de la gravetat no ha estat anomenada i aquest resultat mostra que, tot i ser un concepte també àmpliament conegut, no es relaciona amb el fet que és l'agent causal que permet que l'aigua retorni al mar, tancant així el cicle. En aquest sentit, és interessant que en la construcció del model del cicle natural també s'inclouï la reflexió sobre els agents causals del cicle i veure que, a diferència del cicle urbà, funciona únicament amb l'energia que arriba del Sol i no necessita energia suplementària.

En el cas del cicle urbà, els resultats obtinguts tant en les produccions finals com a l'enquesta dels estudiants del GEP, han mostrat que tot i tenir present la idea que l'energia és requerida per a la provisió dels serveis d'aigua no s'ha aprofundit en com aquesta intervé en el cicle. I cal afegir que a l'enquesta on-line, realitzada un any després, els estudiants ja no fan referència al tema energètic com a aspecte clau del cicle urbà de l'aigua.

Per aquest motiu, és també d'interès incloure la reflexió sobre les necessitats d'importació d'energia per fer possible el funcionament del cicle urbà. Considerar la qüestió de l'energia, especialment en el cas dels estudiants del GEP, requereix "activar" una sèrie de conceptes que en aquesta investigació, no s'ha pogut saber si els estudiants tenen ben assolits, com per exemple, identificar les fonts i formes d'energia i els usos o funcions per les quals és necessària:

- (1) **l'energia elèctrica** que és necessària per a fer funcionar les plantes potabilitzadores i depuradores per tal que els diferents mecanismes de separació de mesclures puguin millorar la qualitat de l'aigua segons els paràmetres establerts (sistemes mecànics, biològics i químics). També és necessària per moure els motors que han de bombejar l'aigua per al seu transport i elevar-la fins als dipòsits.
- (2) **l'aprofitament de la força de gravetat** per transportar l'aigua de manera que el consum energètic sigui el mínim tant a la xarxa de col·lectors del sistema d'abastament com la xarxa de clavegueram.
- (3) **l'aprofitament del principi dels vasos comunicants** entre els dipòsits i les cases per fer arribar l'aigua corrent. Com que el nivell on està ubicat el dipòsit i el nivell de les cases no és el mateix, l'aigua del dipòsit exercirà una pressió sobre el nivell de les cases que permetrà la seva circulació.
- (4) **el consum d'altres fonts d'energia** (combustibles fòssils) pel transport dels fangs residuals de les depuradores cap al seu destí final.

Entendre com l'energia intervé en el cicle de l'aigua pot ser un punt de partida per plantejar la qüestió inversa, és a dir, com l'aigua intervé en la producció energètica. Fet que permetria completar una visió interrelacionada de l'aigua i l'energia, uns dels reptes

de futur més importants i un aspecte clau per a la disponibilitat i conservació dels recursos hídrics.

4.4.4 Proposta de mapes d'idees per a la formació d'una nova cultura ambiental de l'aigua

La proposta de mapes d'idees que es presenten en aquest apartat, plantegen un possible itinerari per a la construcció d'un coneixement científic i ambiental sobre l'aigua. Es presenten tres propostes de mapes que estan interrelacionats entre ells a través de diferents ítems (senyalitzats amb *).

El punt d'inici d'aquest *itinerari* parteix d'aquelles idees concretes i conegudes per tothom a partir del qual es pugui progressar cap a aquelles idees més complexes a les que caldria arribar a comprendre per tenir un coneixement complet del cicle de l'aigua.

En aquesta proposta de progressió també es plantegen possibles preguntes que el professorat pot plantejar al grup i que es relacionen amb els coneixements que cal fer emergir, regular o construir. A més, a cada pregunta, s'identifiquen les dificultats més freqüents per tal que el professorat pugui explorar-les i planificar estratègies que ajudin a superar-les. i tant en el cas del cicle natural com el del cicle urbà, es té en compte la com intervé l'energia.

En el cas del cicle natural, per exemple, la progressió (punt d'inici i final identificats) parteix de la idea que el procés d'evaporació és un coneixement assolit per tots els estudiants i que és el procés de condensació el que requereix una atenció més específica. I en aquest sentit la proposta té com a objectiu afavorir que l'alumnat progressi des del seu punt inicial que, com s'ha explicat, generalment inclou molts implícits i dificultats com per exemple, *“l'aigua s'evapora i forma els núvols”* cap a explicacions més complertes com per exemple, *“l'aigua s'evapora dels mars i d'altres magatzems continentals perquè el Sol transfereix prou energia per produir el canvi d'estat d'una part de l'aigua. El vapor en ascendir transfereix calor ("perd calor" o "es refreda") i forma núvols quan el vapor es condensa sobre petits nuclis de condensació (partícules en suspensió) formant petites gotes d'aigua o cristalls de gel. Quan la grandària d'aquestes és suficientment gran, precipiten per la força de la gravetat”*.

Finalment, també s'ha inclòs una proposta de progressió en relació a les actituds proambientals per tal d'orientar al professorat sobre com afavorir una reflexió que integri nous plantejaments en relació al consum d'aigua.

Aquests mapes pretenen ser una eina útil per al professorat per millorar les seves propostes d'ensenyament-aprenentatge sobre l'aigua així com també, altres agents educatius (educadors ambientals, institucions o empreses) que realitzin activitats, assessoraments, formació o que generin recursos educatius sobre l'aigua. A continuació es presenten els mapes elaborats (vegeu la següent llegenda per facilitar la seva interpretació).

Figura 76 . Llegenda dels mapes d'idees

MAPES D'IDEES PER A LA FORMACIÓ DE LA CULTURA AMBIENTAL DE L'AIGUA

Llegenda:



Preguntes que un/a mestre/a pot plantejar al seu grup.



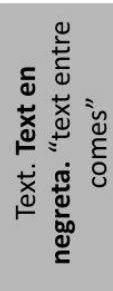
Text de l'alerta

Continguts que requereixen més atenció i temps.



*Relació amb
l'energia*

Idees que requereixen un consum energètic o que fan referència al nexa aigua i energia.



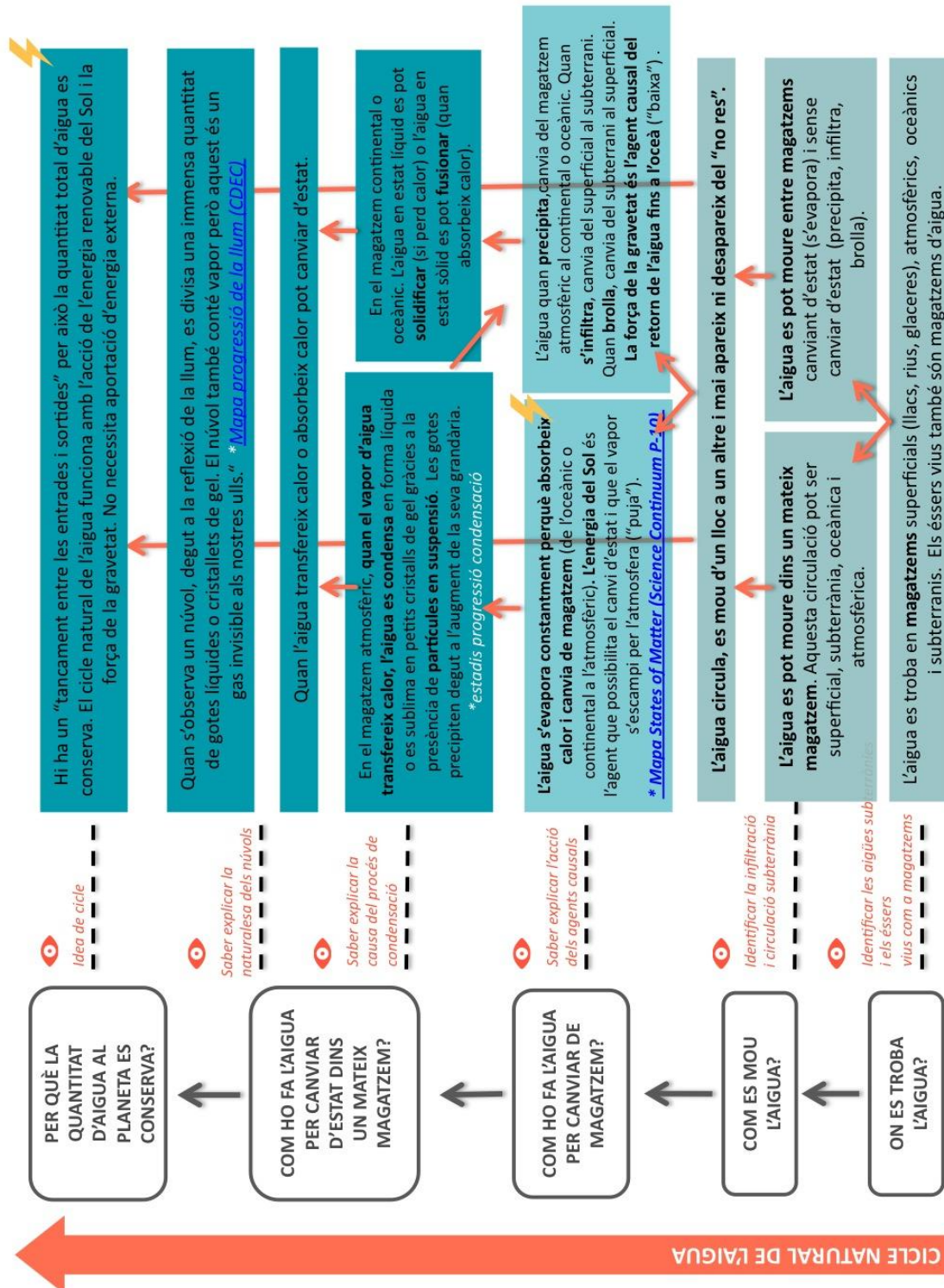
Idees claus del model del cicle de l'aigua que responen a la pregunta plantejada (algunes destacades en negreta) i expressions que el professorat pot utilitzar per fer-les més comprensibles a l'alumnat ("text entre comes"). El color indica el nivell de complexitat del contingut.

** Relació amb
altres mapes*

Relacions que s'estableixen entre els tres mapes definits, la proposta de progressió i altres mapes publicats.

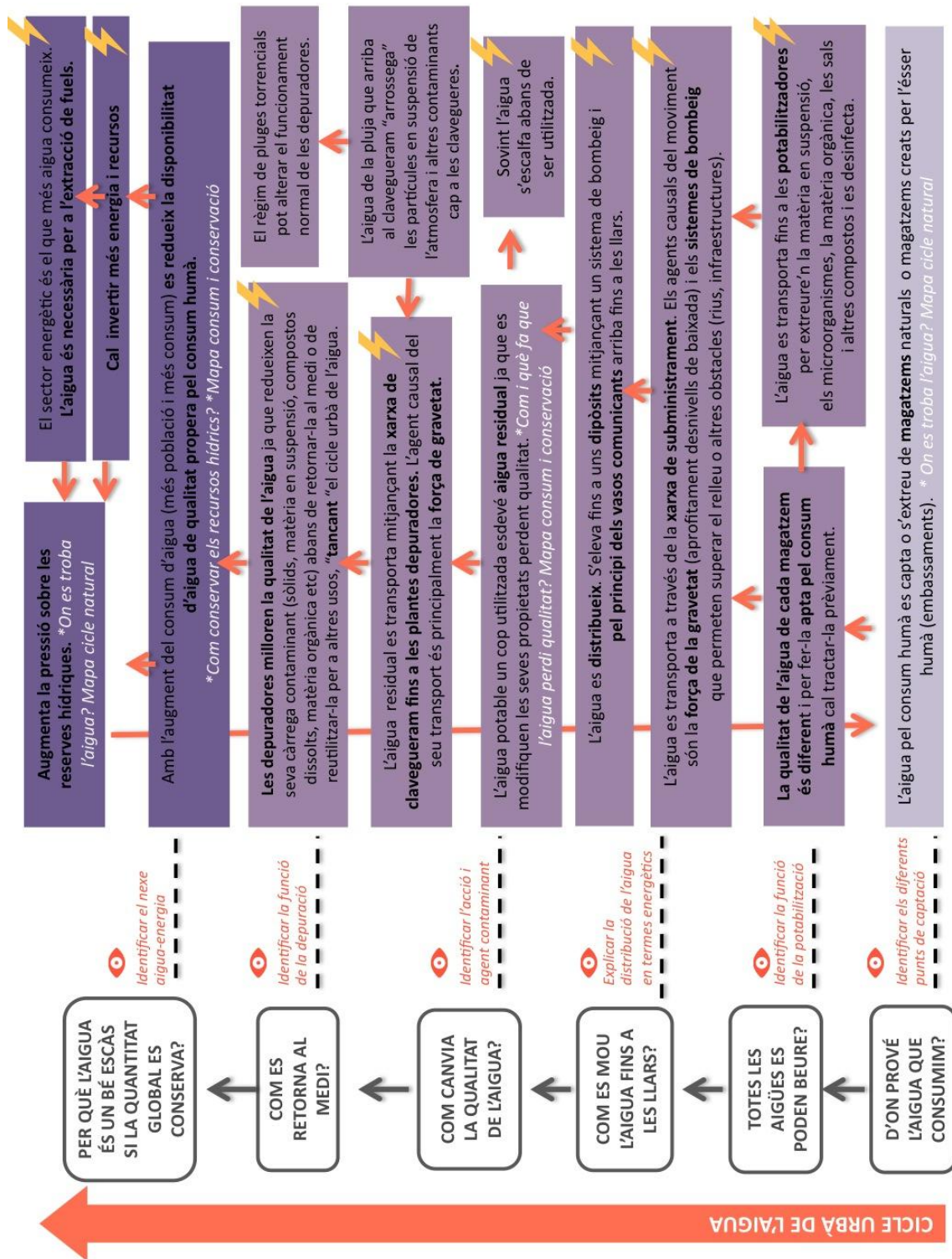
4.4.4.1 El mapa del cycle natural de l'aigua

Mapa 1. Mapa d'idees del cycle natural



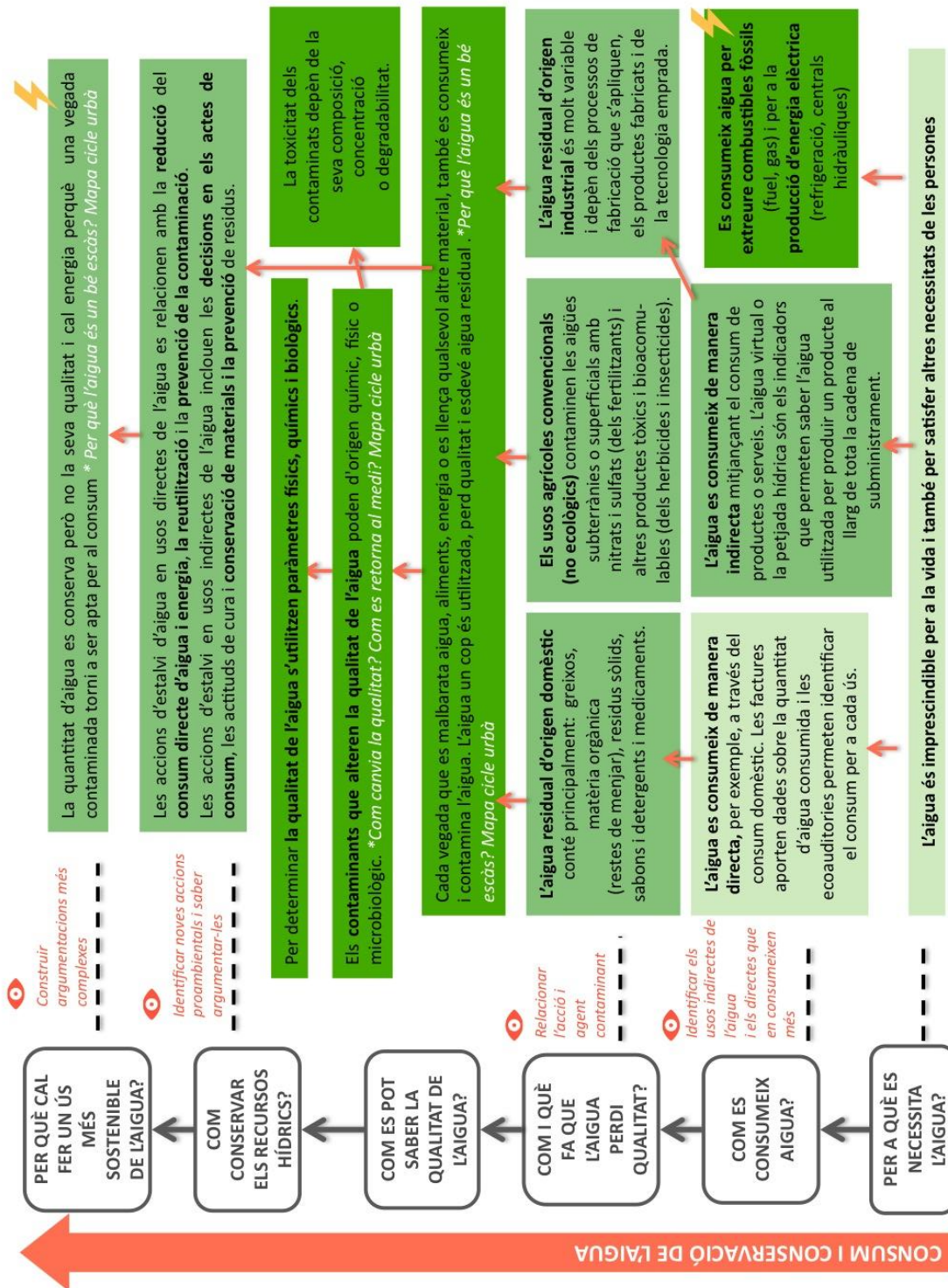
4.4.4.2 El mapa del cycle urbà de l'aigua

Mapa 2. Mapa d'idees del cycle urbà



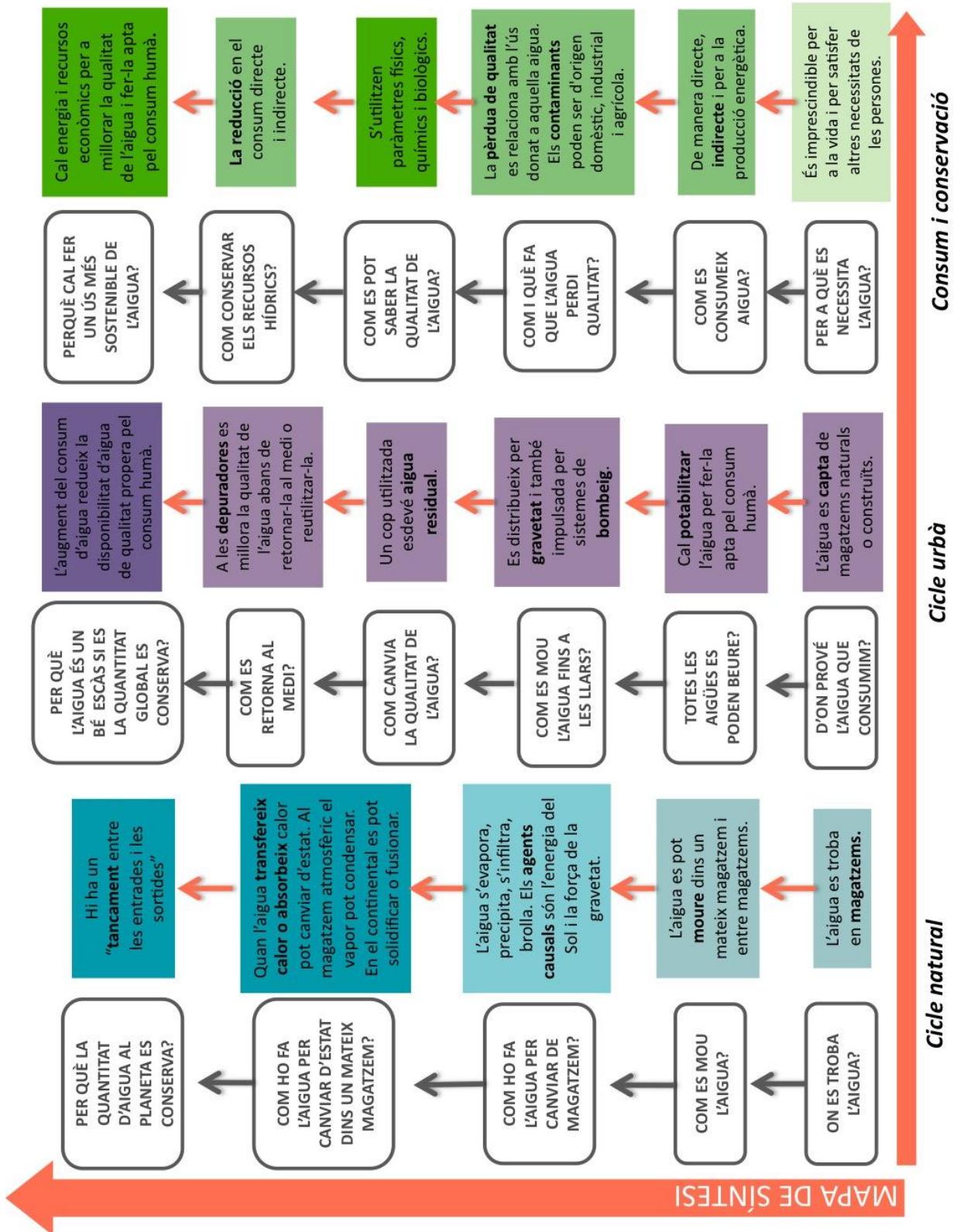
4.4.4.3 El mapa del consum i la conservació de l'aigua

Mapa 3. Mapa d'idees del consum i la conservació de l'aigua



4.4.4.4 Mapes-resum

Mapa 4. Mapa de síntesi



5.

Conclusions



5 CONCLUSIONS

A continuació, es presenten les conclusions finals que interrelacionen les descrites en el capítol anterior de resultats. Les conclusions estan organitzades en quatre apartats: diagnosi de la cultura ambiental de l'aigua (apartat 1), els recursos que ofereix la comunitat (apartat 2), la formació inicial de mestres (apartat 3) i la planificació de projectes o unitats didàctiques sobre l'aigua (apartat 4). A cadascun d'ells s'aprofundeix en com s'ha contribuït a la formació d'una nova cultura ambiental de l'aigua (FNCAA) i s'exposa les consideracions didàctiques que se'n deriven dels resultats.

5.1 LA DIAGNOSI DE LA CULTURA AMBIENTAL DE L'AIGUA

Aquesta recerca ens ha aproximat al coneixement de la cultura ambiental de l'aigua en l'alumnat de primària i com aquesta s'ha afavorit a partir de les diferents activitats realitzades des de l'escola. Els resultats ens han permès identificar quines són les dificultats de l'alumnat i quins aspectes cal millorar per afavorir un procés d'ensenyament i aprenentatge de l'aigua que integri una perspectiva científica i ambiental (apartat a). També ens han permès identificar quins nous continguts caldria incloure a les planificacions per fer front els reptes de futur que ens planteja la crisi ambiental de l'aigua (apartat b).

a) Els coneixements i les dificultats del cicle natural i urbà de l'aigua

En aquest estudi hem obtingut una visió global dels coneixements sobre l'aigua que s'aprenen a l'educació primària (estudi de casos de les tres escoles) i també els que perduren en finalitzar l'etapa de l'educació secundària (estudi realitzat amb els mestres en formació). Els resultats ens han mostrat que hi ha dificultats en la conceptualització del cicle natural de l'aigua que es perpetuen al llarg de l'educació obligatòria. Malgrat que pot sorprendre que l'alumnat de primària mostri dificultats ja conegudes per la investigació educativa a l'hora de representar el cicle natural de l'aigua (per exemple, no representar les aigües subterrànies, no tancar el cicle, més facilitat per explicar els canvis per escalfament que per refredament), encara sorprèn més que aquestes dificultats persisteixin al llarg de l'educació obligatòria, tal i com ens han demostrat els resultats obtinguts en el cas dels estudiants del GEP.

Hi ha dificultats que es perpetuen al llarg de l'educació obligatòria.

En el cas del cicle urbà de l'aigua, els resultats també demostren que el seu funcionament és molt desconegut per l'alumnat de primària i també pels futurs mestres. Tot i que els estudiants del GEP demostren tenir més coneixements inicials que els de primària, no tots ells tenen una idea complerta del seu funcionament. Un resultat que també és un reflex del poc coneixement de la societat sobre la circulació de l'aigua per la ciutat.

El funcionament del cicle urbà és molt desconegut

Amb aquest estudi, també hem pogut identificar diverses variables que expliquen els resultats obtinguts i hem pogut comprovar, com les activitats de regulació metacognitiva ajuden a superar algunes de les dificultats identificades.

En primer lloc i en el cas de l'alumnat de primària, tot i que els resultats es podrien explicar per ser la primera vegada que han tractat els continguts del cicle de l'aigua a l'aula també s'expliquen per les decisions preses pel professorat. Aquestes decisions estan influïdes pels propis coneixements i les pròpies dificultats i poden condicionar allò que finalment s'acaba fent a l'aula i en conseqüència, el que finalment acaba aprenent l'alumnat.

La identificació de les dificultats per afavorir l'aprenentatge.

Com s'ha comprovat en el cas de l'E3 i els estudiants de GEP, quan el professorat és conscient de les dificultats reals de l'alumnat, prioritza aquests continguts i organitza activitats que afavoreixen el seu aprenentatge. En el cas del GEP, les activitats de regulació metacognitiva han afavorit que l'alumnat regulés les seves idees inicials, especialment en relació a la representació de la infiltració i circulació subterrània de l'aigua i la idea de tancament o cicle. En canvi, com que l'activitat de regulació no incloïa revisar les explicacions dels canvis d'estat de l'aigua i les seves causes, els estudiants no han regulat les seves explicacions inicials sobre els canvis d'estat (condensació) i en alguns casos s'ha donat el procés invers (estudiants que en feien una explicació inicial, no l'han inclosa en les explicacions finals).

Aquests resultats sobre les dificultats d'aprenentatge de determinats continguts en relació a uns altres, demostren que cada contingut requereix una estratègia didàctica i una dedicació diferent. Hi ha conceptes que són més fàcils de comprendre que d'altres ja sigui perquè estan més presents a la societat o perquè aprendre'ls no suposa cap obstacle cognitiu. I en canvi, n'hi ha que són molt més difícils i que, si l'escola no afavoreix la seva comprensió, possiblement serà més difícil que s'aprenuin. En aquesta recerca s'ha identificat la següent tipologia de continguts:

Cada contingut requereix una estratègia didàctica diferent.

- **Continguts que ja formen part de la cultura general de la nostra societat.** Per exemple, alguns resultats ens indiquen que hi ha aspectes del coneixement del cicle de l'aigua que la major part de l'alumnat ja té assolits possiblement perquè també els han après fora de l'escola (la família en pot parlar, els contes, la televisió o internet...). Aquest seria el cas de la idea de l'evaporació ja que l'explicació "*l'aigua del mar s'evapora amb l'energia del Sol*" és molt comuna tant en l'alumnat de primària com en els estudiants del GEP.
- **Continguts que són nous però que s'aprenen sense dificultats.** S'ha comprovat que hi ha aspectes del coneixement del cicle de l'aigua, com el cas de les aigües subterrànies, que tot i ser desconeguts per l'alumnat, constitueixen idees noves que es poden aprendre sense gaire dificultat perquè no representen cap obstacle cognitiu. En aquest cas, com s'ha demostrat a l'E3 i els estudiants de GEP, només incorporant activitats específiques -com per exemple, les activitats experimentals i molt especialment, les que afavoreixen la regulació

metacognitiva- ja es progressa en el seu aprenentatge. Però no totes les activitats són suficients per afavorir aquest aprenentatge. En el cas de l'E1 s'ha comprovat que malgrat que l'alumnat va assistir a xerrades amb persones expertes que plantejaven la qüestió de les aigües subterrànies, aquestes per si soles no van contribuir a reconèixer-les com a part del cicle natural de l'aigua.

- **Continguts que són molt complexos perquè plantegen obstacles cognitius importants.** A diferència dels anteriors continguts, els resultats també ens han mostrat que hi ha conceptes molt més complexos, que plantegen obstacles cognitius importants, que sovint estan construïts sobre idees alternatives molt arrelades i que per tant, requereixen dedicar-hi més activitats i més temps per a comprendre'ls. Aquest és el cas del concepte de condensació i la seva aplicació per explicar la formació dels núvols. Com s'ha vist especialment a l'E2, tot i fer activitats experimentals, l'alumnat és capaç d'anomenar i descriure el canvi d'estat que té lloc en el procés de condensació (com ja van demostrar Osborne & Cosgrove, 1983) però mostren dificultats en identificar-ne les causes (transferència d'energia) i utilitzar aquest coneixement per explicar la formació dels núvols. Per tant no n'hi ha prou en fer activitats experimentals sinó que també, en aquests casos, és necessari promoure processos que afavoreixin la regulació de les idees inicials i que ajudin no només a descriure els fets (la condensació com a procés de canvi d'estat de gas a líquid) sinó també que ajudin a interpretar les seves causes (transferència d'energia, nuclis o superfície de condensació, etc.) i això requereix temps i activitats que ho afavoreixin.

La inclusió del nexa aigua-energia al currículum

La dificultat envers la comprensió del concepte de la condensació és comprensible a l'etapa de primària però com que els estudiants del GEP també han mostrat les mateixes dificultats, això ens indica i ens alerta que a l'etapa de l'educació secundària obligatòria tampoc no s'ha progressat. I per tant, si els futurs mestres no milloren els seus coneixements, hi ha un risc evident de que aquestes dificultats es pugui perpetuar en el temps a través de la seva futura tasca docent.

Si entenem que l'escola del segle XXI com a escola que forma part de la societat del coneixement (Gerver, 2013; Innerarity, 2010) que ha d'assumir un nou rol, aquest hauria d'incloure decisions respecte quins són els continguts que realment val la pena que s'abordin des de l'escola per potenciar la seva funció reguladora (Sanmartí & Marchán, 2015). En són exemples el cas dels conceptes de l'evaporació i de la condensació: mentre l'evaporació és un concepte socialment generalitzat, es dedica força temps a l'escola a parlar-ne i, en canvi, a la condensació tot i ser un concepte més complex i, com s'ha comentat, que presenta dificultats s'hi dedica menys temps i no el necessari per afavorir-ne una millor comprensió.

La funció reguladora a l'escola del segle XXI.

b) Consideracions didàctiques de futur per a la FNCAA

El marc teòric presentat i l'anàlisi dels resultats d'aquesta recerca ens han permès identificar tres qüestions que valorem com a noves i de gran rellevància social, si es vol

contribuir des de les escoles a formar nois i noies amb capacitat per actuar a favor de la conservació dels recursos hídrics. Aquestes qüestions que presentem i justifiquem a continuació són: la inclusió del nexa aigua-energia, l'afavoriment de noves actituds ambientals i el desenvolupament de la capacitat d'argumentar els motius que justifiquen un consum més sostenible de l'aigua.

En primer lloc, afavorir una nova cultura ambiental de l'aigua implica reconèixer el nexa existent entre l'aigua i l'energia. És a dir, comprendre que "*ens cal energia per disposar d'aigua apta pel consum humà*" i "*ens cal aigua, per extreure els combustibles fòssils necessaris per la producció energètica*". Aquesta és una qüestió de rellevància social ja que es generen tensions socials (com s'ha comprovat amb el *fracking*) perquè augmenta la pressió sobre els recursos hídrics i es posa en risc la disponibilitat d'aigua pel consum humà. Tanmateix en aquesta recerca s'ha pogut constatar que l'alumnat de totes les edats no incorpora la variable energia en les seves argumentacions ni en les representacions.

En el cas de l'E3 i els mestres en formació, es va plantejar la qüestió de les necessitats energètiques del cycle urbà de l'aigua i es va comprovar que a curt termini, aquesta havia estat incorporada en els seus models explicatius. Però els resultats de les respostes obtingudes en els qüestionaris contestats un any després de les activitats, han evidenciat que l'energia ja no era una qüestió recordada perquè no s'inclouïa a les representacions. Aquests resultats indiquen la necessitat de pensar activitats específiques orientades a desenvolupar aquesta idea-clau. En aquest sentit, la proposta descrita per incloure el nexa aigua-energia en el marc de l'estudi del cycle de l'aigua, pretén ser una eina que animi i orienti al professorat a plantejar una qüestió que, segons diversos autors (Olsson, 2012b; United Nations, 2014) és un dels reptes de futur més importants.

En segon lloc, s'ha identificat el potencial educatiu que generen els espais de reflexió i d'acció que promouen noves actituds ambientals envers la conservació dels recursos hídrics. És prou conegut que el coneixement no és suficient per afavorir actituds proambientals (Hungerford & Volk, 1990) i que desenvolupar-les requereix una reflexió prèvia i activitats diverses. Els resultats ens han mostrat que sovint des del treball d'aula es reproduïen actituds proambientals a través de propostes d'accions ja molt acceptades socialment (reducció directa del consum de l'aigua en accions quotidianes com ara tancar l'aixeta) i no sempre es fa una reflexió sobre noves actituds que puguin ser més efectives en l'ús sostenible dels recursos hídrics com per exemple, la reutilització, la prevenció de la contaminació o criteris per reduir el consum d'aigua en usos indirectes.

La promoció de noves actituds proambientals des de l'escola.

En el cas del seguiment realitzat a l'E3 hem pogut comprovar que quan es promouen activitats diverses (reflexions, converses, disseny de propostes) orientades al desenvolupament de noves d'actituds (com ara tot el treball realitzat sobre què embruta l'aigua i com prevenir la contaminació de l'aigua) aquestes s'aprenen o "s'atrapen" molt més que no pas d'altres activitats més puntuals que es limiten a donar consignes

tancades sense aprofundir en els motius que les justifiquen ("*no llençar oli*", "*el vàter no és una paperera*", etc.).

I en el cas de l'E2, també hem pogut comprovar com les accions orientades a la millora de la gestió ambiental del centre de manera participada contribueixen a desenvolupar noves actituds proambientals ja que l'alumnat d'aquesta escola és el que més anomena accions orientades a la reutilització. Aquest resultat s'explica perquè l'alumnat va impulsar accions diverses per millorar l'aprofitament de l'aigua a l'escola (sobretot, accions orientades a la reutilització) en el marc de la gestió de la sequera de 2008 i també va participar en diversos projectes relacionats amb la sostenibilitat (Programa BcnE+S, Projecte Embolcalls + Sostenibles, etc.). Iniciatives que van molt més enllà d'un curs escolar i que per això han fet possible que l'alumnat "s'apropiés" d'aquestes noves actituds impulsades des de l'escola.

Tanmateix, en cap de les escoles estudiades s'ha desenvolupat la qüestió dels usos indirectes de l'aigua. Tot i que es va començar a plantejar a l'E3, no va ser possible aprofundir-hi ja que prèviament va ser necessari centrar la reflexió cap a d'altres actituds (com les actituds de prevenció de la contaminació). Tot i així, valorem que possiblement sigui una qüestió més adequada per a l'etapa de l'educació secundària.

La tercera qüestió identificada com a repte de futur és el desenvolupament de la capacitat d'argumentar sobre una problemàtica o temàtica ambiental, en aquest cas, sobre l'ús sostenible dels recursos hídrics. Tot i que és coneguda la importància del coneixement científic per comprendre i saber explicar millor les raons que fonamenten un determinat comportament, els resultats no sempre han confirmat una relació entre la millora del coneixement i la capacitat d'argumentar a favor de la conservació dels recursos hídrics. Tot i que en una escola (E1) sí que s'ha detectat aquesta relació, no ha estat així en els altres centres. En aquest sentit, desenvolupar la capacitat d'argumentar és quelcom que també se n'ha d'aprendre i s'ha estimular des de les diverses àrees i al llarg dels diferents cursos, ja que sinó els nens i nenes tendiran a escriure poc, amb poques idees i molt superficials.

L'aprenentatge de la capacitat d'argumentar a l'escola.

A les tres escoles s'ha comprovat que són pocs els alumnes que justifiquen clarament els motius pels quals és recomanable adoptar un comportament determinat. I en alguns casos, quan justifiquen un comportament concret, s'han detectat confusions o arguments contradictoris dins un mateix grup que també són reflex del desconeixement i les contradiccions presents a la societat. Tot i que en els casos d'estudi no van ser motiu de reflexió o discussió, aquestes situacions també podrien ser aprofitades per generar preguntes d'investigació de gran interès que poden afavorir la reflexió sobre la necessitat d'adaptar les nostres actituds a mesura que es generen canvis a la societat. Per exemple, els canvis tecnològics (ex. electrodomèstics més eficients i certificats), la disponibilitat de nous productes (ex. productes amb certificació ecològica) o els canvis en la gestió ambiental d'un municipi (ex. nous punts de recollida d'oli usat) sovint

requereixen adaptar les nostres actituds per tal que aquestes contribueixin a la conservació dels recursos hídrics.

5.2 ELS RECURSOS QUE OFEREIX LA COMUNITAT PER A LA FNCAA

S'ha comprovat que els centres educatius de primària utilitzen molts dels recursos que s'ofereixen des de la comunitat cap a les escoles per a desenvolupar les seves programacions sobre la temàtica de l'aigua (Programa Compartim un Futur, Programa Com Funciona Barcelona, Programa educatiu d'Agbar, materials UNESCO-CAT, material de la SCEA, etc.).

En aquesta recerca, hem pogut evidenciar algunes de les potencialitats de les activitats externes identificades per diversos autors (Chawla, 2006; Dillon et al., 2006; R. Heras, 2014; Medir, 2003) i de manera més específica, hem pogut obtenir informació sobre els factors que expliquen la seva efectivitat (apartat a), hem identificat les seves aportacions a la FNCAA i altres consideracions didàctiques a tenir en compte en el futur (apartat b). I d'altra banda, s'han identificat les aportacions dels assessoraments externs (apartat c) i dels materials de suport (apartat d) a la FNCAA.

a) Activitats externes: factors que expliquen l'efectivitat

Les activitats fora de classe o dinamitzades per persones externes, són vivències que tenen un impacte en la memòria de l'alumnat ja que s'ha comprovat que són de les activitats més recordades com a mínim un any després de realitzar-les. Possiblement s'explica perquè en molts casos són experiències inèdites o possiblement també, pel component emocional que implica fer quelcom diferent a la quotidianitat i comptar amb una persona experta.

Vivències inèdites i emocionalment actives.

Han estat nombrosos els records relacionats amb la visita al Museu Agbar i el taller "Gota gotham". En el cas de l'E3 -que s'han pogut comparar les idees inicials i finals sobre el funcionament del cicle urbà- s'ha comprovat com aquestes activitats han afavorit que l'alumnat tingués una idea molt més real del funcionament del cicle urbà de l'aigua.

Font de nous coneixements.

Però tanmateix, com ja alertaven autors com Dillon et al. (2006), s'ha comprovat que el fet que una activitat sigui molt recordada no sempre implica que aquesta hagi esdevingut efectiva per a l'aprenentatge. Això s'ha evidenciat en el cas de l'E1 on l'alumnat malgrat anomena records de la visita a una depuradora, no la representa a l'activitat del dibuix. O també el cas de l'alumnat que esmenta els records sobre les xerrades de les aigües subterrànies i en canvi, tampoc no les representa. Aquest resultat s'explica pel fet de no haver afavorit una interrelació de l'activitat externa amb el treball d'aula. Com per exemple, mitjançant activitats de regulació metacognitiva que permetessin a l'alumnat reconèixer que no havia identificat les aigües subterrànies i que a partir de les noves informacions de les xerrades, les incorporessin en el seu model explicatiu del cicle de l'aigua. En canvi, a l'E3, s'ha pogut comprovar com part de

Integració a les programacions d'aula.

l'efectivitat de la visita al Museu de les Aigües i del taller gota-gotham també s'explica pel fet que la mestra les integrés en les seves programacions fent que tinguessin més sentit en el procés d'aprenentatge del grup-classe.

Interrelacionar les activitats externes amb les activitats d'aula també s'afavoreix quan s'estableixen mecanismes de coordinació entre les mestres i els educadors prèviament a la realització de la sortida, taller o activitat externa. En el cas de l'E3 s'ha pogut comprovar els beneficis d'aquesta coordinació en el cas de l'activitat de creació de contes col·lectius (taller pictoescriptura).

Coordi-
nació
entre
mestres i
educa-
dors
externs.

Prèviament a la primera sessió del taller de pictoescriptura, l'educadora tenia informació sobre els continguts tractats, les dificultats dels alumnes, les seves idees inicials, les idees que interessaven posar en qüestió, les que interessaven provocar una reflexió entre d'altres, una informació que va ser d'interès per afavorir una dinàmica més enriquidora en la que s'interrelacionava millor tot allò après durant el projecte de l'aigua, tal i com s'evidencia en el contingut final del conte. És evident que no sempre és possible aquesta coordinació però oferir la possibilitat d'adaptar realment l'oferta als objectius del professorat és important per un millor aprofitament de l'experiència.

b) Les activitats externes: aportacions i consideracions de futur

S'ha pogut comprovar, especialment en el cas de l'E3, que les activitats externes s'han mostrat especialment efectives en la identificació dels processos del cicle urbà de l'aigua (potabilització, depuració...) ja que és quelcom força desconegut socialment tant en la població jove com adulta, tal i com s'ha pogut evidenciar en el cas del GEP i també a través de les entrevistes realitzades als mestres.

Millora
del
coneixement
del
cicle
urbà.

L'enfocament actual d'aquestes activitats, ja sigui per motius de temps o de disseny, no sempre aprofundeixen en les causes o els motius que expliquen perquè tenim tots aquests processos i la seva relació amb la conservació dels recursos hídrics. A més en els resultats obtinguts s'ha pogut evidenciar que les argumentacions descrites per l'alumnat són poc complexes i es centren més en les conseqüències que en les causes de fons que justifiquen l'ús sostenible de l'aigua (com per exemple, la reducció de la disponibilitat d'aigua de qualitat propera, el cost ambiental, energètic i econòmic que requereixen els tractaments de l'aigua, el risc del canvi climàtic en l'alteració dels recursos hídrics, l'augment del consum indirecte, etc.). En aquest sentit, seria d'interès que des de les activitats externes també s'afavorís un pensament més causal i no tan descriptiu dels processos, tot i que això implicaria dedicar-hi més temps i activitats concretes (i no només explicar-ho).

L'afavori-
ment d'un
pensament
més causal
i menys
descriptiu.

A la visita del Museu de les Aigües es planteja la qüestió de les necessitats energètiques del cicle urbà de l'aigua ja que l'alumnat pot veure les bombes que fan possible que l'aigua es distribueixi per tota la ciutat. Però els resultats obtinguts a l'E3 ens han mostrat que, tot i que uns dies després de la visita l'alumnat encara recorda (i representa)

L'aportació
de nous
continguts
(nexe
aigua-
energia).

la sala de bombes com a part important del cicle urbà, anys després, aquesta idea ja no es recorda. Aquest resultat demostra la necessitat de plantejar altres activitats que permetin reconèixer la importància de l'energia i afavorir la comprensió de com aquesta intervé en els cicles naturals i urbà de l'aigua. Atès que els llibres de text i altres materials de consulta tampoc han incorporat la qüestió del nexa aigua-energia, seria d'interès que les activitats externes assumissin aquest nou repte. Tot i que, possiblement aquesta és una qüestió que hauria de ser desenvolupada amb més profunditat des de l'educació secundària.

D'altra banda, el temps que es dedica a les actituds i els comportaments des de les activitats externes és breu i sovint es tendeix a donar respostes o consignes més tancades. Per aquest motiu, en els resultats no s'ha identificat que les activitats externes hagin contribuït en el desenvolupament de noves actituds. Encara que moltes d'elles fan referència a noves actituds ambientals -com per exemple, la prevenció de la contaminació- no sempre s'aprofundeix en els motius que les justifiquen i en cap d'aquestes activitats, almenys a primària, s'aprofundeix en la qüestió del consum indirecte. En aquest sentit, seria d'interès dedicar més temps o fer propostes d'activitats posteriors a l'aula que plantegin un diàleg i una reflexió entorn als motius que justifiquen una o una altra acció, que permetin fer emergir dubtes o estimular preguntes que puguin ser investigades a l'escola. Amb l'objectiu que l'alumnat prengui consciència de que no existeixen solucions úniques ni vàlides per sempre sinó que aquestes sempre són òptimes per a cada moment i en funció de diverses variables.

La promoció de noves actituds pro-ambientals i els seus motius.

Cal destacar que les activitats externes poden ser un motor per afavorir una nova cultura ambiental de l'aigua ja que, com s'ha comentat, són activitats molt aprofitades per part dels centres educatius i molt recordades per l'alumnat. Tanmateix per tal d'afavorir que també siguin efectives per aquesta finalitat, pensem que cal trobar espais de treball compartit entre mestres, investigadors i educadors ambientals que permetin avaluar i millorar l'oferta actual tenint en compte com aprenem les persones i quins continguts prioritzem en funció dels principals reptes de la crisi mundial de l'aigua juntament amb la resta de factors comentats que afavoreixen el desenvolupament de la competència per actuar (coneixements, actituds, participació, visió de desenvolupament sostenible i de futur).

Treball en xarxa per promoure la innovació en EA.

c) Els assessoraments externs: aportacions i consideracions de futur

Les escoles que formen part del Programa BcnE+S, com les que han format part d'aquest estudi, compten amb l'assessorament de persones expertes en l'àmbit de l'EA. En el cas de l'E3 s'ha pogut comprovar com l'assessorament extern ha orientat a la mestra del grup a l'hora de planificar el projecte tant a nivell de prioritització de continguts com de les activitats per a ensenyar-los. Especialment en l'àmbit del treball per projectes, cada vegada més extens en el nostre sistema educatiu, el professorat ha de prendre decisions sobre quins possibles "camins" emprendre tenint en compte els interessos i les preguntes del grup, els objectius de curs del mestre i del currículum.

Orientació de projectes d'EA.

Aquesta metodologia de treball no pretén que l'alumnat "acumuli" moltes informacions sobre la temàtica del projecte sinó que aquesta, esdevingui un context rellevant per aprendre uns coneixements -de tota mena- que han de ser d'utilitat per aquest i altres contextos. Aquesta no és una tasca fàcil i en aquest sentit, els assessors externs poden fer una aportació important.

En el cas de l'E3, l'assessorament va permetre orientar la presa de decisions tenint en compte els resultats d'altres recerques. Concretament, l'assessorament va ajudar a la:

- **Priorització dels continguts des d'una perspectiva científica i ambiental.** Aquesta priorització s'ha dut a terme tenint en compte els resultats publicats en l'àmbit de la recerca educativa. I els resultats han confirmat que el grup de seguiment ha progressat, per exemple, en identificar les aigües subterrànies.
- **Identificació de les dificultats de l'alumnat i ajudar a regular-les.** El qüestionari inicial va permetre identificar idees prèvies -per exemple, del cicle urbà, sobre la qüestió de la contaminació de l'aigua, sobre les actituds proambientals- sobre les quals es van desenvolupar activitats diverses i els resultats obtinguts en els qüestionaris (1 i 2 anys després) ens han confirmat un progrés d'aquests aprenentatges.
- **Selecció d'activitats a realitzar dins i fora de l'aula.** La visita al Museu de les Aigües i el taller Gota-gotham es van programar i relacionar amb els continguts desenvolupats en el marc del projecte. I els resultats, com ja s'ha comentat, han evidenciat una millora de la conceptualització del cicle urbà de l'aigua.
- **Identificació de noves actituds ambientals a plantejar a l'aula.** Es va centrar l'atenció en la prevenció de la contaminació donat que els resultats del qüestionari inicial van evidenciar un gran desconeixement per part de l'alumnat. Els resultats finals, han mostrat una evolució respecte el punt de partida de l'alumnat ja que ha augmentat el nombre d'alumnes que fa referència a noves actituds proambientals (entre elles la prevenció de la contaminació).
- **Realització d'activitats de síntesi (cicle de l'aigua) i d'aplicació de continguts** (elaboració d'un conte i les millores gestió ambiental a l'escola). Malgrat la dificultat que va suposar trobar el temps necessari per dur a terme una activitat de tancament del projecte que al mateix temps ajudés a sintetitzar i aplicar els continguts apresos, els resultats permeten afirmar, com en el cas dels coneixements del cicle de l'aigua, aquestes activitats són imprescindibles per relacionar les idees, reelaborar els seus models mentals inicials i millorar així el procés d'aprenentatge.

El paper de l'assessorament que es va dur a terme, com qualsevol assessorament que s'ofereix des del programa BcnE+S, no es va limitar exclusivament a les trobades presencials sinó que també es va mantenir al llarg del curs per altres vies (correu electrònic, telèfon, etc.) fet que, com es demostra a les entrevistes, s'afavoreix un bon desenvolupament del projecte ja que la mestra se sent recolzada i acompanyada al llarg

Acompa-
nyament
al llarg
del
desenvo-
lupament
del
projecte.

de tot el procés i aquest estímul contribueix a l'assoliment dels objectius plantejats inicialment.

D'altra banda també cal destacar el paper dels assessoraments en l'afavoriment de la transferència de coneixements (de la recerca però també d'altres activitats o iniciatives innovadores en l'àmbit de l'EA i la sostenibilitat) cap a les escoles. Tot i que és sabuda la dificultat de portar a la pràctica educativa els resultats de les recerques realitzades des dels departaments universitaris o publicades en revistes d'impacte internacional, aquesta experiència de treball col·laboratiu ha esdevingut un espai de transferència del coneixement que ha estimulat un projecte d'EA més innovador i afavoridor de nous aprenentatges.

Espais de transferència de la recerca a la pràctica.

d) Els materials de suport al professorat: aportacions i consideracions de futur

A través de l'anàlisi dels dossiers, s'ha pogut comprovar com els llibres de text i altres materials editats de suport al professorat, sovint també contribueixen a perpetuar algunes de les dificultats identificades. En aquest sentit, no només és responsabilitat de les mestres escollir bons materials o bons models per afavorir l'aprenentatge dels seus alumnes sinó que també és responsabilitat de les editorials o altres promotors de materials que ofereixin materials de qualitat -amb bons models- que contribueixin a superar aquestes dificultats enlloc de perpetuar-les.

Alguns materials publicats no contribueixen a superar les dificultats.

En el cas del cicle de l'aigua, el professorat utilitza els esquemes publicats per diverses editorials i en aquest sentit, és de gran interès que aquests siguin bons models -tant a nivell del contingut il·lustrat com del text escrit- que actuïn de bastides per orientar la regulació de les idees en base a les dificultats descrites per la investigació educativa. En aquest sentit és imprescindible la col·laboració entre les institucions universitàries, centres de recerca i de professorat expert i afavorir la transferència del coneixement i la innovació educativa a través dels materials que es publiquen per donar suport al professorat. Algunes de les dificultats que s'ha pogut comprovar que es perpetuen i que es podrien millorar a través de l'edició del material. A continuació s'exposen algunes propostes de millora:

Importància d'oferir bons models.

Millores en les representacions del cicle natural de l'aigua:

- representar les aigües subterrànies (procés d'infiltració i circulació fins al mar o superfície),
- anomenar el procés de condensació i explicar les causes de la condensació,
- representar com la força de la gravetat fa possible que l'aigua retorni al mar.

Millores en les representacions del cicle urbà de l'aigua:

- representar com l'energia intervé en els diferents processos de tractament i en el transport per fer visible les necessitats energètiques que requereix el seu funcionament,

- visualitzar un cicle urbà en relleu per fer més visible que l'aigua no sempre pot circular per gravetat,
- representar diferents punts de captació de l'aigua (pou, riu, mar).

5.3 LA FORMACIÓ INICIAL DEL PROFESSORAT I LA FNCAA

Com s'ha comentat a l'inici de les conclusions, els resultats de l'estudi realitzat amb els estudiants del GEP i especialment, els resultats inicials obtinguts sobre el cicle de l'aigua, ens han mostrat que els mestres en formació no tenen els coneixements que haurien de tenir pel fet d'haver superat l'educació secundària, com a mínim en el cas del cicle de l'aigua. Aquesta dada alerta de la importància que des de les assignatures de didàctica de les ciències es desenvolupin de manera explícita tant continguts bàsics de ciències com de didàctica per tal que, en la seva futura tasca docent, puguin millorar aquesta situació detectada.

Manca de coneixements bàsics del cicle de l'aigua.

Com que no es pot ensenyar tot allò que possiblement caldria ensenyar per millorar la competència científica dels futurs mestres, caldria incloure com a objectiu capacitar els estudiants per a què prenguin consciència de les pròpies mancances (coneixements, dificultats, concepcions alternatives) i per a què es mostrin proactius en el reconeixement que això no ha de ser un obstacle per a ensenyar ciències si un mateix té interès per aprendre al llarg de la vida.

Competència d'aprendre a aprendre.

Tot i que no és el cas de les escoles estudiades, és conegut que una part important del professorat de primària mostra inseguretats davant de l'ensenyament de les ciències ("por" a equivocar-se o a no saber donar resposta a les possibles preguntes, percepció negativa de la disciplina, les pròpies dificultats o mancances). Aquestes inseguretats es poden manifestar a l'aula de diverses maneres i possiblement la més comuna, en una planificació de les classes en les que predomini l'ús del llibre de text. Hi ha la percepció generalitzada que els llibres de text no contenen errors i que tots els seus continguts són els correctes i com s'ha comentat anteriorment en el cas del tema de l'aigua, aquests materials de suport poden tenir omissions i errors que no sempre afavoreixen una comprensió del cicle de l'aigua a nivell més causal. En canvi, en el cas de les escoles estudiades on el professorat no mostra inseguretats en l'ensenyament de les ciències donat que, entre d'altres motius, també han participat en formacions específiques (com la dotació d'aules de ciències) es mostren més disposats a planificar propostes on el "fer", "pensar" i "experimentar" s'interrelacionen per afavorir la construcció de nous coneixements. I a més a més, aquests enfocaments didàctics poden contribuir a millorar les actituds de l'alumnat envers l'aprenentatge de les ciències.

Els resultats obtinguts en aquesta recerca sobre la metodologia aplicada en la seqüència didàctica de l'aigua ens demostren que aquest és un objectiu assolit i donada la seva gran importància per la formació docent caldria fer-lo explícit també en la programació de l'assignatura.

L'evolució dels aprenentatges dels estudiants del GEP identificats després de realitzar seqüència sobre l'aigua, evidencia l'efectivitat -destacada per Duit (2006)- de dur a terme processos que reforcin la coherència entre els continguts que s'ensenyen (de didàctica i de ciències) i el com s'ensenyen (la metodologia utilitzada a l'aula, malgrat ser aules amb nombrosos estudiants). Els resultats han permès comprovar com les activitats de regulació metacognitiva han afavorit una evolució dels coneixements inicials del cicle de l'aigua al mateix temps que el reconeixement de la importància de la funció reguladora de l'avaluació ja que han manifestat la importància d'incloure aquestes activitats a l'aula i el fet de sentir-se capacitats de dur-les a terme pel fet d'haver-les experimentat.

Influència del "què" i el "com" s'ensenya a la formació inicial.

Hi ha continguts (com el concepte de la condensació) que ja es donaven per assolits i per això no s'han prioritzat ni desenvolupat a les activitats plantejades i en conseqüència, els resultats ens han mostrat que els estudiants no han progressat. Aquesta dada va promoure que en cursos posteriors s'incidís en ajudar l'alumnat del GEP a superar aquesta dificultat, però ha quedat fora de l'abast d'aquesta recerca avaluar-ne els resultats.

Detecció de les dificultats no superades

Els resultats també han evidenciat la importància de la regulació metacognitiva en el procés de formació del coneixement didàctic del contingut en els estudiants del GEP. Per aquest motiu seria d'interès que aquesta també formés part dels objectius de l'assignatura. D'una banda, perquè és imprescindible l'actitud d'aprendre a aprendre, de ser conscient de les pròpies dificultats, ja que si no són superades, continuaran reproduint-se a l'aula i es transferiran als futurs alumnes. De l'altra, perquè és necessari que des de l'assignatura també s'expliciti la importància de reconèixer que hi ha continguts més difícils que d'altres i que han de saber dedicar-hi més temps (en el futur, quan siguin mestres) i definir estratègies per ajudar a millorar.

Influència de les activitats de regulació metacognitiva.

Tot i que no s'ha pogut aprofundir més sobre les competències professionals en l'àmbit de l'educació ambiental en els mestres en formació, pensem que s'ha dut a terme un primer pas en la interrelació del cicle urbà i natural de l'aigua ja que aquesta perspectiva ha quedat consolidada en el programa d'aquesta assignatura i els resultats permeten afirmar que l'experiència s'ha mostrat efectiva en la formació del coneixement didàctic del contingut.

Afavoriment de les competències professionals en EA.

5.4 LA PLANIFICACIÓ DELS PROJECTES O UNITATS DIDÀCTIQUES PER A LA FNCAA

Com s'ha comentat anteriorment, a l'actual societat del coneixement cal identificar què és allò realment important que cal aprendre des de l'escola. Tot i que els nens i nenes tenen accés a tota mena d'informació i que molts coneixements els podran aprendre per si sols, n'hi ha d'altres que necessiten l'ajuda del professorat perquè són més complexes i requereixen ser afavorits per processos de regulació metacognitiva.

També s'ha demostrat que quan el professorat identifica aquests continguts que no s'acostumen a aprendre fora de l'escola i dissenya activitats específiques sota aquesta perspectiva, l'alumnat progressa en el seu aprenentatge. I per contra, quan el professorat no identifica aquestes dificultats, les diferents activitats realitzades no sempre afavoreixen una progressió en l'aprenentatge cap a la direcció desitjada.

En aquest sentit, els resultats han permès comprovar quines activitats i enfocaments didàctics contribueixen a desenvolupar aquesta nova cultura ambiental de l'aigua. A continuació s'esmenten les que s'han identificat en aquesta recerca, algunes de les quals ja han estat molt destacades a la literatura acadèmica i d'altres que són més emergents.

Aquestes activitats i enfocaments els hem agrupat en les tres etapes que poden caracteritzar qualsevol projecte o unitat didàctica: etapa inicial (a); etapa de desenvolupament (b) i etapa de síntesi i aplicació (c).

a) Etapa inicial

És ben coneguda la importància de formular objectius clars i que aquests puguin ser avaluable. És evident que per avançar, cal saber on volem anar. En aquest sentit, en el grup de seguiment de l'E3, a més de formular uns objectius clars, la mestra va destacar que en el marc del treball per projectes era de gran importància establir un diàleg entre els seus objectius, els del grup-classe i els de l'escola. En aquest cas, la mestra tenia com a objectiu millorar la visió de futur, l'alumnat tenia per objectiu aprendre "coses" sobre els robots i l'escola, impulsar projectes de centre sobre l'aigua. Aquests tres objectius es van interrelacionar en diverses activitats i les dades confirmen, que en relació a l'objectiu de la mestra, l'alumnat ha evolucionat la seva idea de futur inicial (més catastrofista i tecnològica) cap a una visió de futur on les persones són més protagonistes, compromeses i responsables envers allò que farem que passi en el futur.

Formulació d'objectius clars i avaluable.

La detecció d'idees prèvies per iniciar un projecte o una unitat didàctica és quelcom molt habitual a les escoles del nostre país. Tanmateix no sempre s'aprofiten aquestes activitats inicials per identificar les dificultats i comprendre, per part dels docents, les raons per les quals es manifesten. En el cas de l'E3 i els estudiants del GEP, s'ha demostrat la importància d'aprofitar aquestes activitats inicials per prendre decisions sobre els continguts que es volen prioritzar en base a les dificultats identificades. En el cas de l'E3, cal destacar l'aprofitament de les idees prèvies sobre les causes de la contaminació de l'aigua (que inicialment només pocs alumnes identificaven poques causes) per millorar aquest coneixement per afavorir noves actituds envers la prevenció de la contaminació. Els resultats han demostrat que aquesta estratègia ha estat efectiva donat que ha estat l'únic grup que ha fet referència a aquesta qüestió.

Aprofitament de les idees prèvies per identificar dificultats i comprendre'n les seves raons.

b) Etapa de desenvolupament

Els mestres habitualment seleccionen els continguts i els organitzen seguint una seqüència d'activitats que afavoreixi la construcció de nous coneixements. Tanmateix, com s'ha comentat, no sempre es té en compte la regulació de les idees inicials. En el cas dels estudiants del GEP, s'ha pogut comprovar com les activitats de regulació metacognitiva afavoreixen l'aprenentatge de les ciències (en aquest cas, del cicle de l'aigua) perquè els han ajudat a identificar i superar les dificultats inicials. Però a més a més, aquesta estratègia també ha estat efectiva per reconèixer la funció de l'avaluació des de la pròpia experiència pràctica i motivar la seva utilització en el seu futur com a mestres.

Contribució de les activitats de regulació metacognitiva en l'aprenentatge.

Com també s'ha comentat anteriorment, és important tenir cura en la selecció dels materials didàctics i de suport que s'utilitzen a l'aula -com per exemple, els esquemes del cicle de l'aigua-, ja que com s'ha demostrat en l'anàlisi dels resultats també contribueixen a no superar algunes de les principals dificultats detectades.

Influència del material de suport.

A més, cal afegir que sovint la temàtica del cicle de l'aigua es planteja des de la interpretació d'un model de cicle ja donat enlloc d'afavorir el pensar, el representar el propi model inicial per posteriorment millorar-lo a mesura que es progressa en el procés d'aprenentatge. En el cas de l'E3, hem comprovat que quan s'afavoreix aquest procés de construcció individual i col·lectiva del cicle de l'aigua de manera interrelacionada (cicle natural i urbà) els resultats demostren que l'alumnat no només és capaç de fer bones representacions un any més tard, sinó que dos anys més tard les millora perquè aquesta metodologia de treball constructivista -com s'ha comprovat en d'altres estudis (Pessoa, 1990 referenciada per Sanmartí (2002))- l'ha permès continuar aprenent al llarg d'aquest període.

Construcció i interpretació del model cicle natural i urbà de l'aigua .

D'altra banda, les sortides i activitats externes ofereixen vivències rellevants i com ja s'ha comentat i demostrat a l'E3, quan a més a més després es realitzen d'altres activitats que vinculen aquestes vivències amb el treball d'aula aquestes són molt més efectives pel procés d'aprenentatge de l'alumnat.

Vincular activitats externes amb el treball d'aula.

En darrer lloc, però no menys important, la recerca en didàctica de les ciències ha aprofundit en la importància de la pràctica científica per a la millora de l'aprenentatge de les ciències. Tanmateix les activitats experimentals per si soles tampoc són suficients ja que el "*fer*" s'ha d'acompanyar amb el "*pensar*" i "*comunicar*" al mateix temps que s'han de plantejar en base a "*bones preguntes*" i han de contribuir a regular les idees inicials (Izquierdo et al., 2004; Pujol, 2003; Roca et al., 2008; Sanmartí, 2002). En el cas de l'E2, hem comprovat que les activitats experimentals han estat molt recordades, especialment per descriure els canvis d'estat però no han estat suficients per ajudar a superar les dificultats relacionades amb la condensació i la seva relació amb la formació dels núvols, tal i com s'ha evidenciat en l'anàlisi de la documentació. En el cas de l'E3, també hem comprovat que les activitats d'experimentació orientades a respondre

Importància del "*fer*, pensar i comunicar", de les bones preguntes i la regulació de les idees inicials.

preguntes a situacions quotidianes (sobre la infiltració de l'aigua i sobre la boira) són de gran interès però si no es relacionen amb les idees inicials (com en el cas de l'activitat d'observació de la boira) no contribueixen a progressar en l'aprenentatge, en aquest darrer cas, en relació a la condensació i formació dels núvols.

c) Etapa de síntesi i d'aplicació

Una de les finalitats dels projectes d'EA és afavorir una reflexió i argumentació sobre les actituds i els comportaments de les persones envers l'ambient. Però hi ha actituds que estan socialment molt acceptades (per exemple, la importància de la recollida selectiva dels materials o tancar l'aixeta mentre es renten les dents) i d'altres en les que no hi ha tant consens o que no tothom està disposat a fer (com per exemple, reduir el consum de productes, reduir el consum de combustibles fòssils, reduir l'ús de productes contaminants, prioritzar la compra de productes ecològics, etc.). Si a l'escola es reproduïxen les actituds que ja estan socialment consolidades, com s'ha demostrat a l'E1, es desaprofita una ocasió d'aprenentatge ja que en l'etapa 9-12 els nens i nenes es troben en un moment evolutiu que mostren preocupació pel medi ambient i tenen interès per actuar a favor de la seva conservació. Per aquest motiu, identificar aquestes noves actituds ambientals, reflexionar-hi, debatre i argumentar els seus pros i contres, com s'ha demostrat en el cas de l'E3 en el cas de la prevenció de la contaminació, els nens i les nenes aprenen a identificar-la, a saber-la explicar i recordar-la anys més tard.

La promoció de noves actituds pro-ambientals.

En el marc teòric també s'ha esmentat que en els projectes d'EA no es tracta de "*conèixer per acceptar*" sinó de "*conèixer per canviar*" (Weissmann & Franquesa, 2011b). Per aquest motiu, és important finalitzar els projectes de manera que es vinculin amb algun nivell d'actuació com els definits per Pigrau i Sanmartí⁴⁴ (identificar accions, argumentar, dissenyar, realitzar, analitzar o plantejar millores i avaluar-les). Com s'ha comprovat en l'E2, les accions que transformen la gestió ambiental de l'aigua (com la gestió de la sequera) tenen un impacte emocional que contribueix a transformar les actituds de les persones. Els efectes d'aquestes accions que es porten a terme a les escoles, com s'ha vist a l'E2, traspassen els "límits" de les parets de l'escola (arriben a les famílies) i es mantenen en el temps (anys després l'alumnat de tots els cursos té molt interioritzada la idea de la reutilització de l'aigua).

La influència exemplificadora de les bones pràctiques en la gestió ambiental dels centres.

5.5 PER FINALITZAR

La temàtica de l'aigua forma part del currículum escolar, tant a primària com a l'educació secundària obligatòria, i és un tema molt tractat des dels projectes de les escoles que participen en programes d'EA però que generalment, es desenvolupa amb poca profunditat. Per aquest motiu s'han plantejat les propostes de progressió i els mapes d'idees proposats a partir dels resultats que s'han obtingut en aquest treball. Aquests mapes poden ser útils pel professorat per orientar les seves futures planificacions cap a la formació d'una nova cultura ambiental de l'aigua.

⁴⁴ www.tresorderecursos.com

La millora del coneixement del cicle urbà i la seva interrelació amb el cicle natural tot reflexionant sobre el consum i la conservació dels recursos hídrics no és un fet gaire habitual en les propostes d'aula. I aquest constitueix un primer pas imprescindible per ajudar a l'alumnat, en primer lloc, a reconèixer (i saber argumentar) que la disponibilitat d'aigua de qualitat pel consum humà propera cada vegada és més limitada i per tant, cada vegada es requerirà més despesa energètica (i econòmica) per fer-la l'apta pel consum humà. I en segon lloc, per afavorir que l'alumnat prengui decisions i adopti comportament que afavoreixin la preservació dels recursos hídrics.

Però a més a més, donat que no es poden tractar totes les temàtiques ambientals a l'escola, abordar el problema des de la mirada de cicle i integrant la perspectiva científica i ambiental és significatiu perquè contribueix a pensar en tres coneixements que són necessaris per a comprendre qualsevol altre problemàtica: 1) el funcionament del cicle de la matèria; 2) la degradació de l'energia a través del cada canvi; 3) la interacció entre matèria i energia amb l'entorn i la vida al llarg del seu cicle (com els efectes de la contaminació). Tot i que aquest aspecte no s'ha pogut comprovar en aquest treball.

5.6 REFLEXIONS SOBRE L'INTERÈS, LES LIMITACIONS I LA CONTINUÏTAT DE LA INVESTIGACIÓ

Amb aquest treball s'ha revisat d'on venim i a on som en relació a la cultura ambiental de l'aigua, per tal de poder decidir cap a on volem anar tenint en compte els reptes de futur que es plantegen en relació a la crisi ambiental de l'aigua.

Una de les limitacions metodològiques d'aquesta investigació ve donada pel fet que les tres escoles no són comparables entre elles perquè no van fer exactament les mateixes activitats. Tanmateix, l'objectiu d'aquest treball era fer-ne una aproximació qualitativa i en aquest sentit, els resultats s'han mostrat consistents i d'utilitat per a respondre les preguntes plantejades.

En el cas dels estudiants del Grau d'Educació Primària, la principal limitació metodològica ha estat la dificultat d'obtenir dades un any després de la realització de l'assignatura a través de l'enquesta en línia. Tot i que la mostra obtinguda era representativa del grup, no ha estat possible saber si les persones que van respondre eren les que mostraven més interès en relació aquesta qüestió i si això podria haver influït o no en els resultats finals.

D'altra banda, una de les aportacions d'aquest treball és que s'ha identificat clarament quins són els aspectes que cal incloure o revisar per tal que, des de l'escola, s'afavoreixi la competència per actuar a favor de la conservació dels recursos hídrics. I en aquest sentit, una de les implicacions didàctiques més pràctiques que han emergit d'aquesta recerca són els mapes d'idees per a la formació d'una nova cultura ambiental de l'aigua i les propostes de progressió.

Una de les possibles línies d'investigació de futur, es relaciona amb el tema de les progressions d'aprenentatge identificades (cas energia i condensació). Donat que no s'han obtingut dades suficients per a validar-les, aquestes propostes constitueixen hipòtesis de progressió. Seria de gran interès aprofundir en com l'alumnat construeix aquestes idees i quines activitats poden afavorir-ho per millorar o validar les progressions identificades en aquest treball.

Finalment, pensem que les aportacions d'aquesta recerca poden ser d'utilitat pel professorat de primària i secundària i pels equips assessors de programes d'EA per orientar propostes educatives sobre l'aigua que integrin una mirada científica i ambiental. Els mapes d'idees poden ser una eina que faciliti el procés d'ambientalització d'aquesta part del currículum.

Bibliografia



BIBLIOGRAFIA

- Abril, M., & Maluquer, J. (1999). *L'aigua. Informació bàsica i recursos educatius*. Barcelona: Graó.
- Adell, A., Esquerrà, J., Maluquer, J., & Schaefer, B. (2002). *L'Aigua i la ciutat*. Barcelona: Ajuntament. Direcció d'Educació Ambiental i Participació.
- Ajuntament de Barcelona. (2010a). *Educando para la sostenibilidad: el programa Agenda 21 Escolar de Barcelona*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona. Retrieved from <http://www.sostenibilitatbcn.cat/attachments/article/437/ProgramaA21EDubaiAwards.pdf>
- Ajuntament de Barcelona. (2010b). *Enquesta d'hàbits i valors sobre Medi Ambient i Sostenibilitat 2008*. Barcelona.
- Ajuntament de Barcelona. (2014). *Indicadors de sostenibilitat de Barcelona. Informe 2013*. Barcelona. Retrieved from http://cbab.bcn.cat/uhtbin/cgiirsi/x/0/0/57/520/BAB_18607?user_id=CATALA
- American Association for the Advancement of Science. (2001). *Atlas of science literacy: project 2061*.
- Anguera, C. (2012). *El concepte de futur en l'ensenyament de les ciències socials: estudis de cas a l'educació secundària*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Anguera, C., & Santisteban, A. (2013). Las representaciones del futuro del alumnado. Un aspecto fundamental de la enseñanza de las ciencias sociales y de la educación para la ciudadanía. *Íber. Didáctica de Las Ciencias Sociales, Geografía E Historia*, 73, 81–89.
- Angulo, F., Zapata, L., & Soto, A. C. (2012). ¿Contribuyen los talleres en el museo de ciencias a fomentar actitudes hacia la conservación del ambiente? *Enseñanza de Las Ciencias*, 30(3), 53–70.
- Arcà, M. (2001). Quina ciència per a l'escola de primària? Ensenyament i models de coneixement. *Perspectiva Escolar*, 255.
- Arcà, M., Guidoni, P., & Mazzoli, P. (1990). *Enseñar ciencia: como empezar. Reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona: Paidós.
- Àrea Metropolitana de Barcelona. (n.d.). Cicle de l'aigua. Retrieved from <http://www.amb.cat/web/medi-ambient/aigua/cicle-de-l-aigua>
- Bach, J., & Brusi, D. (1988). Reflexiones y recursos sobre la didáctica del ciclo del agua. *Henares. Revista de Geología*, 2, 223–232.
- Ballantyne, R., & Packer, J. (2006). Promoting learning for sustainability: Principals' perceptions of the role of Outdoor and Environmental Education Centres. *Australian Journal of Environmental Education*, 22(1), 15.
- Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle. *Science Education*, 73(4), 481–500.

- Bar, V., & Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 363–382.
- Ben-David, A., & Orion, N. (2013). Teachers' voices on integrating metacognition into Science Education. *International Journal of Science Education*, 35(18), 3161–3193.
- Ben-Zvi-Assaraf, O., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518–560.
- Ben-Zvi-Assaraf, O., & Orion, N. (2010). System thinking skills at the elementary school level. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 540–563.
- Bigues, J. (2007). *X un bon clima. Manual per fer minvar el canvi climàtic i per adaptar-s'hi*. Generalitat de Catalunya. Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible.
- Bisquerra, R. (1989). *Métodos de investigación educativa: guía práctica*. Barcelona: CEAC.
- Bogner, F. X. (1998). The influence of short-term outdoor ecology education on long-term variables of environmental perspective. *Journal of Environmental Education*, 29(4), 17–29.
- Bonil, J., Junyent, M., & Pujol, R. M. (2010). Educación para la sostenibilidad desde la perspectiva de la complejidad. *Revista Eureka*, 7(Nº Extraordinario), 198–215.
- Braund, M., & Reiss, M. (2006). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out-of-school learning. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1373–1388.
- Breiting, S. (1999). Hacia un nuevo concepto de educación ambiental. In *30 Reflexiones sobre educación ambiental* (pp. 59–74). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Breiting, S., Hedegaard, K., Mogensen, F., Nielsen, K., & Schnack, K. (2009). *Action competence, conflicting interests and Environmental Education*. Copenhagen: Aarhus University.
- Breiting, S., Mayer, M., & Mogensen, F. (2005). Criterios de calidad para escuelas de EDS: Guía para mejorar la calidad de la Educación para el Desarrollo Sostenible.
- Brundtland, G. et al. (1987). *Our common future*. Oxford University Press, USA.
- Buck, G. a., & Trauth-Nare, A. E. (2009). Preparing Teachers to Make the Formative Assessment Process Integral to Science Teaching and Learning. *Journal Science Teacher Education*, 20(5), 475–494.
- Cabeza, R. (1997). *L'aigua, un recurs universal i escàs. Iniciació al tractament i utilització racional de l'aigua*. Barcelona: Beta Editorial. Col·lecció Theknos.
- Calixto, R. (2014). *Representaciones del uso del agua en el medio urbano. Educación ambiental*. Editorial Académica Española.
- Campbell, T., Medina-Jerez, W., Erdogan, I., & Zhang, D. (2010). Exploring science teachers' attitudes and knowledge about environmental education in three international teaching communities. *International Journal of Environmental and Science Education*, 5(1), 3–29.

- Camps, V. (1998). La escuela ante el reto del saber práctico. *Infancia Y Aprendizaje*, 21(82), 65–73.
- Canga, J. L. (2015). Huella de Carbono, Huella de Agua, Huella Ambiental de la Unión Europea. ¡Qué lío! ¿Por cuál me decido? *Comunidad ism*. Retrieved from <http://www.comunidadism.es/blogs/huella-de-carbono-huella-de-agua-huella-ambiental-de-la-union-europea-%C2%BFque-lío-%C2%BFpor-cual-me-decido-%C2%BFlo-aclaremos-un-poco>
- Cañal, P., López, J., Venero, C., & Wamba, A. M. (1993). El lugar de las actividades en el diseño y desarrollo de la enseñanza: ¿cómo definirla y clasificarla? *Investigación En La Escuela*, 19, 7–14.
- Caride, J. A., & Meira, P. A. (2001). *Educación ambiental y desarrollo humano*. Barcelona: Ariel.
- Carrier, S. J., Tugurian, L. P., & Thomson, M. M. (2013). Elementary science indoors and out: teachers, time, and testing. *Research in Science Education*, 1–25.
- Castelltort, A., Márquez, C., & Sanmartí, N. (2013). Detecting the implications of using research results to guide a teaching process in the class on teaching science. *ESERA Ebook*, (Strand 13: pre-service science teacher education), 214–223. Retrieved from http://www.esera.org/media/eBook_2013/Strand_13/ESERA_eBook_Part_13.pdf
- Castelltort, A., & Sanmartí, N. (2006). Un instrumento para evaluar propuestas puntuales de educación ambiental orientadas a la sostenibilidad. In *Educación científica [Recurs electrònic]: tecnologies de la informació y la comunicació y sostenibilidad* (Vol. Encuentros). Zaragoza: Prensas Universitarias.
- Castelltort, A., & Sanmartí, N. (2012). Diseño, aplicación y evaluación de intervenciones en el ámbito de la experimentación en el marco del Practicum II de Educación Infantil (0-3). In J. M. Domínguez Castiñeiras (Ed.), *XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela.
- Castelltort, A., & Sanmartí, N. (2013a). De mica en mica s'omple la pica... també en l'educació ambiental. *Cooperació Catalana*, 366, 18–21.
- Castelltort, A., & Sanmartí, N. (2013b). Del territori i la comunitat cap a les escoles: beneficis de les propostes educatives de l'aigua. In *La comunitat transformadora del territori. Fòrum d'Educació Ambiental 2000+12*. Societat Catalana d'Educació Ambiental.
- Castelltort, A., & Sanmartí, N. (2013c). El aprendizaje interrelacionado de contenidos de ciencias y actitudes ambientales en la Educación Primaria. *Revista Enseñanza de Las Ciencias, Número ext*, 726–731.
- Castelltort, A., & Sanmartí, N. (2013d). La educación para la sostenibilidad como contexto para el aprendizaje de las ciencias en la educación primaria. In *Proceedings World Environmental Education Congress* (pp. 1–11). Retrieved from http://www.weec2013.org/adminweec/UserFiles/ABSTRACT/340_complete_paper.pdf
- Castelltort, A., & Sanmartí, N. (2014). Entre la realitat i la ficció: crear contes col·lectivament per pensar el futur de l'aigua. *Cooperació Catalana*, 372, 20–23.

- Castelltort, A., & Sanmartí, N. (2015). Actividades que contribuyen a la promoción de una nueva cultura del agua. *Comunicações*, 22, 363–389. Retrieved from <https://www.metodista.br/revistas/revistas-unimep/index.php/comunicacao/article/view/2340>
- Castelltort, A., Sanmartí, N., & Pujol, D. (2014). Actividades en el entorno: una oportunidad para aprender sobre el agua. *Alambique. Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 77, 54–61.
- Castiella, T., & Franquesa, T. (2005). *100 bones idees. Catàleg de bones pràctiques dels signants*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona. Consell Municipal de Medi Ambient i Sostenibilitat.
- Cebrian, G., & Junyent, M. (2014). Competencias profesionales en Educación para la Sostenibilidad: un estudio exploratorio de la visión de futuros maestros. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32.1(31), 29–49.
- Chawla, L. (1999). Life paths into effective environmental action. *The Journal of Environmental Education*, 31(1), 15–26.
- Chawla, L. (2006). Research methods to investigate significant life experiences: review and recommendations. *Environmental Education Research*, 12(3), 359–374.
- COAMB. (2007). *Codi Deontològic del Col·legi d'ambientòlegs de Catalunya*. Col·legi Oficial d'Ambientòlegs de Catalunya. Retrieved from <http://www.coamb.cat/index.php?mid=1&contingut=235>
- Coertjens, L., Boeve-de Pauw, J., De Maeyer, S., & Van Petegem, P. (2010). Do schools make a difference in their students' environmental attitudes and awareness? Evidence from PISA 2006. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(3), 497–522.
- Companyia d'Aigües de Sabadell. (n.d.). *L'aigua i la ciutat*. Sabadell.
- Conillera, P. (1991). *L'aigua de Montcada. L'abastament municipal d'aigua de Barcelona. Mil anys d'història. Descobrir el medi urbà* (Vol. 8). Barcelona: Ajuntament de Barcelona. Institut d'Ecologia.
- Corbera, E. (2010). *L'aigua i el canvi climàtic a la Mediterrània*. Centre Unesco de Catalunya.
- COSCE. (2011). *Informe ENCIENDE. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España*. Ministerio de Ciencia y Innovación.
- De Castro, R. (2001). Naturaleza y funciones de las actitudes ambientales. *Estudios de Psicología*, 22(1), 11–22.
- Del Carmen, L. (2010). Salir para conocer, salir para participar. *Alambique. Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 17(66), 56–59.
- Dillon, J. (2002). Perspectives on environmental education-related research in science education. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1111–1117.
- Dillon, J., Rickinson, M., Teamey, K., Morris, M., Choi, M. Y., Sanders, D., & Benefield, P. (2006). The value of outdoor learning: evidence from research in the UK and elsewhere. *School Science Review*, 87(320), 107.

- Domènech, J. (2009). *Elogi de l'educació lenta*. Barcelona: Graó.
- Dove, J. E., Everett, L. A., & Preece., P. F. W. (1999). Exploring a hydrological concept through children's drawings. *International Journal of Science Education*, 21(5), 485–497.
- Duit, R. (2006). La investigación sobre enseñanza de las ciencias. Un requisito imprescindible para mejorar la enseñanza de las ciencias. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(30), 741–770.
- Duschl, R., Maeng, S., & Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: a review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123–182.
- Emmott, S. (2013). *Diez mil millones*. Barcelona: Anagrama.
- Espinet, M., Junyent, M., Amat, A., & Castellort, A. (2015). Moving schools towards ESD in Catalonia, Spain: the tensions of a change. In R. Jucker & R. Mathar (Eds.), *Schooling for Sustainable Development in Europe* (pp. 177–199). Springer.
- Falk, J. H., Dierking, L. D., Osborne, J., Wenger, M., Dawson, E., & Wong, B. (2015). Analyzing Science Education in the United Kingdom: Taking a System-Wide Approach. *Science Education*, 99(1), 145–173.
- Fernández Arroyo, J. (2012). Los procesos de construcción del conocimiento significativo del agua en bachillerato. Estudio de casos. *Enseñanza de Las Ciencias*, 30(3), 177–194.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906.
- Forestello, A. M. (2010). *La cultura de la participación en la escuela secundaria: análisis realizado en centros de secundaria de la ciudad de Barcelona en el marco del Programa A21E*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Forestello, A. M. (2013). *La cultura de la participación en los centros de secundaria*. Barcelona: Graó.
- Franquesa (dir), T. (1998). *Hàbitat: guia d'activitats per a l'educació ambiental*. Barcelona: Institut d'Educació.
- Franquesa, T. (1997). Pensar globalment i actuar localment. Un marc general per a l'educació ambiental. In *L'educació ambiental a l'escola: noves línies de reflexió i actuació* (pp. 9–20). Barcelona: Rosa Sensat.
- Franquesa, T. (2006). Educació (ambiental) per la sostenibilitat a l'escola. *Sostenible*. Retrieved from http://www.sostenible.cat/sostenible/web/noticies/sos_noticies_web.php?cod_idioma=1&seccio=5&num_noticia=397300
- Franquesa, T., Maluquer, J., Forcada, E., & Weissmann, H. (2003). *Guia per fer l'ecoauditoria del centre educatiu*. Ajuntament de Barcelona.
- Freire, H. (2010). *Educar en verd*. Barcelona: Graó.
- Garcia, J. E. (2002). Los problemas de la educación ambiental: ¿es posible una educación ambiental integradora? *Investigación En La Escuela*, 46, 5–25.

- García, P. (2007). Els models, organitzadors del currículum de biologia. *Ciències. Revista Del Professorat de Ciències de Primària I Secundària*, 6, 29–33.
- Garriga, N., Pigrau, T., & Sanmatí, N. (2012). Cap a una pràctica de projectes orientats a la modelització. *Ciències. Revista Del Professorat de Ciències de Primària I Secundària*, 21, 18–28.
- Garritz, A., & Trinidad-Velasco, R. 98-102. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química*, 15(2), 98–102.
- Gayford, C. (2002). Environmental Literacy: towards a shared understanding for science teachers. *Research in Science and Technological Education*, 20(1), 99–110.
- Gayford, C. (2009). Learning for sustainability: from the pupils' perspective A report of a three-year longitudinal study of 15 schools from June 2005 to June 2008. *WWF-UK*. Retrieved from http://assets.wwf.org.uk/downloads/wwf_report_final_web.pdf
- Generalitat de Catalunya. (2009). *Currículum educació primària*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Educació. Retrieved from http://phobos.xtec.cat/edubib/intranet/file.php?file=docs/primaria/curriculum_ep.pdf
- Generalitat de Catalunya. (2015). *DECRET 119/2015, de 23 de juny, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació primària*. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya. Retrieved from <http://portaldogc.gencat.cat/utillsEADOP/PDF/6900/1431926.pdf>
- Gerver, R. (2013). Crear escoles que preparin per al futur. *Debats D'educació*, 30, 16. Retrieved from <http://www.debats.cat/sites/default/files/debats/pdf/gerver.pdf>
- Gil, D., & Pessoa, A. M. (2000). Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias. *Educación Química*, 11(2), 250–257.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115–130.
- Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W., & Pilot, A. (2010). Concept Development and Transfer in Context-Based Science Education. *International Journal of Science Education*, 33(6), 817–837.
- Gómez-Granell, C., & Moreno, P. (1989). *Proyecto Alcides. Experimentación y evaluación de los materiales curriculares de apoyo como agentes intermediarios entre el Diseño Curricular Base y la práctica docente*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona (IMIPAE).
- Gorgorio, N. (2011). *Estrategias de obtenció de informació y recogida de datos: la entrevista. Documentació del màster de Recerca en Educació*.
- Gough, A. (2002). Mutualism: A different agenda for environmental and science education. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1201–1215.
- Gough, A. (2005). Sustainable Schools: Renovating Educational Processes. *Applied Environmental Education & Communication*, 4(4), 339–351. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15330150500302205>

- Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Shyamsundar, M. C. Ö. P., Steffen, W., ... Noble, I. (2013). Sustainable development goals for people and planet. *Nature*, 495, 305–307. Retrieved from <http://anthropocenejournal.com/2013/03/24/rethinking-sustainable-development-in-the-anthropocene/>
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1994). Competing paradigms in qualitative research. *Handbook of Qualitative Research*, 2(163-194).
- Gunckel, K. L., Covitt, B. A., Salinas, I., & Anderson, C. W. (2012). A learning progression for water in socioecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 843–868.
- Gutiérrez Bastida, J. M. (2013). *De rerum natura. Hitos para otra historia de la educación ambiental*. Bubok Publishing.
- Gutiérrez Pérez, J., Poza, M. F., & Gutiérrez Pozo, M. (2015). Progresión-disrupción en el desarrollo de actitudes ambientales. *Alambique. Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 79, 45–52.
- Heras, F. (2003). *Entre tantos: guía práctica para dinamizar procesos participativos sobre problemas ambientales y sostenibilidad*. Arcadia.
- Heras, R. (2014). *Contribució dels equipaments d'educació ambiental a les sortides escolars de l'educació primària*. Universitat de Girona.
- 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*, 24(2-3), 356–377.
- Hicks, D., & Holden, C. (1995). *Visions of the future: Why we need to teach for tomorrow*. Trentham Books Stoke-on-Trent.
- Hicks, D., & Holden, C. (2007). Remembering the future: what do children think? *Environmental Education Research*, 13(4), 501–512.
- Hill, A. (2013). The place of experience and the experience of place: Intersections between sustainability education and outdoor learning. *Australian Journal of Environmental Education*, 29(1), 18.
- Huckle, J., & Wals, A. E. J. (2015). The UN Decade of Education for Sustainable Development: business as usual in the end. *Environmental Education Research*, 21(3), 491–505.
- Hungerford, H. R., & Volk, T. L. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *Journal of Environmental Education*, 21(3), 8–22.
- Innerarity, D. (2010). *Incertesa i creativitat. Educar per a la societat del coneixement. Debats d'Educació*. Retrieved from www.debats.cat
- Izquierdo, M., Adúriz-Bravo, A., & Aliberas, J. (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències: per un ensenyament de les ciències racional i raonable*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Jackson, T. (2011). *Prosperidad sin crecimiento. Economía para un planeta finito*. Barcelona: Icaria i Intermon-Oxfam editorial.

- Jiménez Aleixandre, M. P. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 203–216.
- Jiménez Liso, M. R., & Díaz Moreno, N. C. (2014). ¿Depurar el agua en Almería? ¿Para qué? El uso de las controversias socioquímicas en la prensa. *Educació Química*, 18, 21–29.
- Jorba, J., & Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de ciencias de la naturaleza y matemáticas*. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura.
- Junyent, M., & Kong, F. (2011). Envisioning the future: a case study in a primary school of Barcelona. *Eingana The Journal of the Victorian Association for Environmental Education*, 34(3), 16–18.
- Kenyon, L., Davis, E. a., & Hug, B. (2010). Design Approaches to Support Preservice Teachers in Scientific Modeling. *Journal of Science Teacher Education*, 22(1), 1–21.
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260.
- Kong, F. (2015). *La construcción de escenarios de futuro como aportación didáctica y metodológica para una educación ambiental creativa, global y sostenible*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Kopnina, H. (2014). Future Scenarios and Environmental Education. *The Journal of Environmental Education*, 45(4), 217–231.
- Lechtenböhrer, S., Altmann, M., Captio, S., Matra, Z., Weindorf, W., & Zittle, W. (2011). *Repercusiones de la extracción de gas y petróleo de esquisto en el medio ambiente y la salud humana*. Brusel-les. Retrieved from [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2011/464425/IPOL-ENVI_ET\(2011\)464425_ES.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2011/464425/IPOL-ENVI_ET(2011)464425_ES.pdf)
- Lemke, J. L. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de Las Ciencias*, 24(1), 5–12.
- Leppänen, J. M., Haahla, A. E., Lensu, A. M., & Kuitunen, M. T. (2012). Parent-Child Similarity in Environmental Attitudes: A Pairwise Comparison. *The Journal of Environmental Education*, 43(3), 162–176.
- Lester, B. T., Ma, L., Lee, O., & Lambert, J. (2006). Social activism in elementary science education: A science, technology, and society approach to teach global warming. *International Journal of Science Education*, 28(4), 315–339.
- Li, D., & Chen, J. (2014). Significant life experiences on the formation of environmental action among Chinese college students. *Environmental Education Research*, 1–19.
- Liefländer, A. K. (2014). Effectiveness of environmental education on water: connectedness to nature, environmental attitudes and environmental knowledge. *Environmental Education Research*, (October), 1–2.
- Littleddyke, M. (2008). Science education for environmental awareness: approaches to

- integrating cognitive and affective domains. *Environmental Education Research*, 14(1), 17.
- Llebot, J. E. (Coord). (2010). *El canvi climàtic a Catalunya. 2n informe del Grup d'Experts en Canvi Climàtic de Catalunya*. Generalitat de Catalunya. Retrieved from http://canvi-climatic.espais.iec.cat/files/2013/07/2n_informe_cc_dossier_divulgatiu.pdf
- Llei Orgànica d'Educació. (2006). Retrieved from http://www.boe.es/boe_catalan/dias/2006/05/16/pdfs/A01294-01341.pdf
- Llei Orgànica per a la Millora de la Qualitat Educativa. (2013). Retrieved from http://www.boe.es/boe_catalan/dias/2013/12/10/pdfs/BOE-A-2013-12886-C.pdf
- Llerena, G. (2015). *Fundamentación teórica y estudio de casos sobre el desarrollo de los huertos escolares con el referente de la agroecología*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Louv, R. (2005). *Last child in the woods: saving our children from nature-deficit disorder*. Algonquin Books.
- Lucas, A. (1981). The role of science education in educating for the environment. *The Journal of Environmental Education*, 12(2), 31–37.
- Marbà, A., & Márquez, C. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? un estudio transversal de sexto de primaria a cuarto de ESO. *Enseñanza de Las Ciencias*, 28(1), 19–30.
- Márquez, C. (2002). *La comunicació multimodal en l'ensenyament del cicle de l'aigua*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Márquez, C. (2005). La circulación del agua en la naturaleza. In D. Couso, E. Cadillo, G. A. Perafán, & A. Adúriz-Bravo (Eds.), *Unidades didácticas en ciencias y matemáticas* (Vol. Didácticas, pp. 189–211). Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Márquez, C. (2006). Pensar i veure el món a través del concepte de cicle. *Ciències. Revista Del Professorat de Ciències de Primària I Secundària*, 4, 32–37.
- Márquez, C., & Bach, J. (2007). Una propuesta de análisis de las representaciones de los alumnos sobre el ciclo del agua. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 15(3), 280–286.
- Márquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M. (2006). Multimodal science teachers' discourse in modeling the water cycle. *Science Education*, 90(2), 202–226.
- Márquez, C., & Prat, À. (2005). Leer en clase de ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 23(3), 431–440.
- Márquez, C., & Roca, M. (2001). El cicle de l'aigua, una altra vegada. A: *Guix*, 275, 42–48.
- Márquez, C., & Roca, M. (2009). Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias. *Revista Educación Y Pedagogía*, 18(45).
- Martínez Gil, J. (2007). Los problemas del agua en España: análisis de una realidad. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 15(3), 228–239.

- Mayer, M. (1998a). Educación ambiental: de la acción a la investigación. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación Y Experiencias Didácticas*, 16(2), 217–232.
- Mayer, M. (1998b). Educación ambiental: de la acción a la investigación. *Enseñanza de Las Ciencias*, 16(2), 217–232.
- Mayer, M., Breiting, S., Varga, A., & Morgersen, F. (2007). *Educació per al desenvolupament sostenible: Tendències, divergències i criteris de qualitat*. Graó.
- Medir, R. M. (2003). Salir de la escuela: entre la tradición y la educación ambiental para la sostenibilidad. *Íber: Didáctica de Las Ciencias Sociales, Geografía E Historia*, 9(36), 26–35.
- Medir, R. M., Heras, R., & Geli, A. M. (2013). Guiding documents for environmental education centres: an analysis in the Spanish context. *Environmental Education Research*, 1–15.
- Medir, R. M., Heras, R., & Magin, C. (2015). Una propuesta evaluativa para actividades de educación ambiental para la sostenibilidad. *Educacion XXI*, (1), 1–25.
- Mellado, V. et al. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(3), 11–36.
- Milà, C., & Sanmartí, N. (1999). A model for fostering the transfer of learning in environmental education. *Environmental Education Research*, 5(3), 237–266.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: an expanded sourcebook* (Vol. 2). Sage.
- Mogensen, F., Mayer, M., Breiting, S., & Varga, A. (2007). *Educació per al desenvolupament sostenible: tendències, divergències i criteris de qualitat*. Barcelona: Graó.
- Nebot, R., & Márquez, C. (2014). El ciclo del agua en el laboratorio. *Alambique. Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 77, 17–24.
- OCDE-PISA. (2006). *Marc conceptual per a l'avaluació PISA 2006*. Barcelona: Consell Superior d'Avaluació del Sistema Educatiu. Departament d'Educació. Generalitat de Catalunya (traducció de l'original en anglès).
- Olsson, G. (2012a). Estamos bebiendo los orines de nuestros antepasados. *La Contra de La Vanguardia*, p. 1.
- Olsson, G. (2012b). *Water and energy: threats and opportunities*. London: IWA Publishing.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2007). Research on learning in informal contexts: Advancing the field?
- Osborne, R. J., & Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825–838.
- Palmer, J. A., & Suggate, J. (1996). Influences and experiences affecting the proenvironmental behaviour of educators. *Environmental Education Research*, 2(1), 109–121.
- Pedrinaci, E. (2012). Trabajo de campo y aprendizaje de las ciencias. *Alambique. Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 71, 81–89.

- Pedrinaci, E., Caamaño, A., Cañal, P., & De Pro, A. (2012). *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- Piaget, J. (1981). *La representación del mundo en el niño*. Madrid: Morata.
- Pigem, J. (2011). *Entendre la natura. Fonaments d'una cultura de la sostenibilitat. Papers de sostenibilitat* (Vol. 17). Barcelona: Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible. Generalitat de Catalunya.
- PNUD. (2006). *Informe sobre desarrollo humano 2006. Mas allá de la escasez: poder, pobreza y la crisis mundial del agua*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Retrieved from http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2006_es_completo.pdf
- Pol, E. (2000). *Impacte social, comunicació ambiental i participació*. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient.
- Pol, E., & Castrechini, A. (2013). ¿Disrupción en la educación para la sostenibilidad? *Revista Latinoamericana de Psicología*, 45(3), 333–347.
- Prieto, T., Blanco, Á., & Brero, V.-B. (2002). La progresión en el aprendizaje de dominios específicos: una propuesta para la investigación. *Enseñanza de Las Ciencias*, 20(1), 3–14.
- Pujol, R. M. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Síntesis Educación.
- Pujol, R. M. (2005). Construir una escola que eduqui pel desenvolupament sostenible. *Guix*, 316-317, 8–12.
- Raworth, K. (2012). Can we live inside the doughnut? Why we need planetary and social boundaries. Retrieved from <http://policy-practice.oxfam.org.uk/blog/2012/02/can-we-live-inside-the-doughnut-planetary-and-social-boundaries>
- Rebelo, D., Marques, L., & Costa, N. (2011). Actividades en ambientes exteriores al aula en la Educación en Ciencias: contribuciones para su operatividad. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 15–25.
- Rickinson, M., Dillon, J., Teamey, K., Morris, M., Choi, M. Y., Sanders, D., & Benefield, P. (2004). *A review of research on outdoor learning*. England: Field studies council.
- Rickinson, M., Hall, M., & Reid, A. (2015). Sustainable schools programmes: what influence on schools and how do we know? *Environmental Education Research*, 1–30.
- Roca, M., Sanmartí, N., & Márquez, C. (2008). Les Preguntes en l'aprenentatge de les ciències.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., ... Foley, J. A. (2011). A safe operating space for humanity. *Nature*, 476(282), 472–475.
- Roger, H., Espinosa, M., Iltus, S., & Lorenzo, R. (2001). *La participación de los niños en el desarrollo sostenible*. Barcelona: Pau Education.
- Ruiz Olabuénaga, J. I. (1999). *Metodología de la investigación cualitativa. Ciencias sociales* (Vol. 15). Bilbao: Universidad de Deusto.
- Salvador, G., Schaefer, B., & De la Aldea, L. (2011). *Pla d'equipaments i recursos per l'educació ambiental del Cicle de l'Aigua a Barcelona Diagnosi i propostes generals*.

Document I. Barcelona.

- Sanmartí, N. et al. (2003a). *Aprender ciencias tot aprenent a escriure ciència*. Ediciones 62.
- Sanmartí, N. (1994). L'educació ambiental a l'escola: reflexions des de l'àrea de Ciències Experimentals. In *L'educació ambiental a l'escola: noves línies de reflexió i actuació*. Dossiers Rosa Sensat.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis Educación.
- Sanmartí, N. (2003b). *Ensenyar ciències a partir d'un currículum fonamentat en el desenvolupament de competències bàsiques. Actes del Congrés de Competències Bàsiques*. Barcelona: Departament d'Ensenyament.
- Sanmartí, N. (2007). *10 ideas clave: evaluar para aprender* (Vol. 1). Graó.
- Sanmartí, N., Burgoa, B., & Nuño, T. (2011). Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas. *Alambique. Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 67, 62–69.
- Sanmartí, N., & Marchán, I. (2015). La educación científica del siglo XXI: retos y propuestas. *Investigación Y Ciencia*, 469, 31–39.
- Sanmartí, N., & Pujol, R. M. (1990). Barcelona i l'aigua. Materials experimentals. Projecte Alcides. Direcció de Serveis Pedagògics. Institut Municipal d'Educació de l'Ajuntament de Barcelona.
- Sanmartí, N., & Pujol, R. M. (2002). ¿Qué comporta “capacitar para la acción” en el marco de la escuela? *Investigación En La Escuela*, 46, 49–54.
- Sanmartí, N., Simón, M., & Márquez, C. (2006). Evaluación como proceso de autorregulación: diez años después. *Alambique. Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 48, 32–41.
- Sanmartí, N., & Tarin, R. M. (2000). Clarification-réflexion-régulation des valeurs. *Education Relative à L'environnement*, 2, 145–162. Retrieved from http://www.revue-ere.uqam.ca/PDF/Volume2/recherches_reflexions/EREV02_II_145.pdf
- Santos, E. R., Ferreira, A. C., & Rosso, A. J. (2013). Uso dos termos consciência, conscientização e tomada de consciência nos trabalhos paranaenses de Educação Ambiental. *Revista de Educação Pública*, 22(48), 103–124.
- Sardà, A. (2005). Enseñando a argumentar en torno a la educación ambiental. *Quaderns Digitals*.
- Sardà, A., & Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 18(3), 405–422.
- Sauvé, L. (2004). Una cartografía de corrientes en educación ambiental. In M. Sato & I. Carvalho (Eds.), *A pesquisa em educação ambiental: cartografias de uma identidade narrativa em formação*. Artmed.
- Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: un cruce fecundo. *Enseñanza de Las Ciencias*, 28(1), 5–18.

- Sauvé, L. (2014). Educación ambiental y ecociudadanía. Dimensiones claves de un proyecto político-pedagógico. *Revista Científica*, 18, 12–23.
- Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M. :, & Harbor, J. (2009). Water transformation and storage in the mountains and at the coast: midwest students' disconnected conceptions of the hydrologic cycle. *International Journal of Science Education*, 31(11), 1447–1471.
- Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M., & Harbor, J. (2007). Students' mental models of the environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 327–348.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.
- Sjoberg, S., & Schreiner, C. (2004). ROSE The relevance of science education. Sowing the seeds of Rose. Background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE - a comparative study of students' view of science and science education. *Department of Teacher Education and School Development. University of Oslo*.
- Societat Catalana d'Educació Ambiental. (2011). *Fora de classe: guia de criteris de qualitat per a les activitats d'educació ambiental*. Barcelona: SCEA.
- State Government of Victoria. (2015). Science concept development maps. *Department of Education and Training*. Retrieved from <http://www.education.vic.gov.au/school/teachers/teachingresources/discipline/science/continuum/Pages/conceptmaps.aspx>
- Steg, L., & Vlek, C. (2009). Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda. *Environmental Psychology on the Move*, 29(3), 309–317.
- Strauss, A. L., & Corbin, J. M. (1990). *Basics of qualitative research*. Sage Newbury Park, CA.
- Taiwo, A., Ray, H., Motswiri, M., & Masene, R. (1999). Perceptions of the water cycle among primary school children in Botswana. *International Journal of Science Education*, 21(4), 413–429.
- Terradas, J. (2001). *Ecologia urbana*. Barcelona: Rubes.
- Terradas, J. (2010). *Ecologia viscuda*. València: Universitat de València.
- Thomas, G. (2009). *How to do your research project: a guide for students in education and applied social sciences*. Sage (Vol. 2011). SAGE Publications.
- Tilbury, D. (2011). *Educación para el desarrollo sostenible. Examen por los expertos de los procesos y el aprendizaje*. París: UNESCO.
- Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22(5), 447–467.
- UAB. (2014). Codi bones pràctiques en la docència i l'estudi. *Consell de Govern*. Retrieved from http://www.uab.cat/doc/Codi_bones_practiques_docencia_estudi
- Udina, C., & Canals, R. M. (coord). (1985). *Estudio sobre formación y educación ambiental. Evaluación de la eficacia de métodos de educación ambiental*. Centre d'Estudis de

- Planificació i Ministerio de Obras Públicas* (Vol. 1,2,3 i 4).
- Unesco. (2015). *Rethinking Education*. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002325/232555e.pdf>
- United Nations. (2012). The future we want: outcome document adopted at Rio+20. Retrieved from <http://www.uncsd2012.org/content/documents/727The Future We Want 19 June 1230pm.pdf>
- United Nations. (2014). *The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy*. (UNESCO, Ed.). Paris: World Water Assessment Programme.
- UN-Water Technical Advisory Unit. (2014). *Delivering as one on water related issues. UN-Water strategy 2014-2020*. Retrieved from http://www.unwater.org/fileadmin/user_upload/unwater_new/docs/UN-Water_Strategy_2014-2020.pdf
- Van Driel, J. H., Verloop, N., & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673–695.
- Vilches, A., Gil, D., & Cañal, P. (2010). Educación para la sostenibilidad y educación ambiental. *Investigación En La Escuela*, 71, 5–15.
- Water footprint network. (n.d.). Retrieved from <http://waterfootprint.org/en/>
- Weissmann, H., & Franquesa, T. (2011a). *En el camí de l'escola sostenible*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, Àrea de Medi Ambient, Departament d'Educació Ambiental.
- Weissmann, H., & Franquesa, T. (2011b). *En el camí de l'escola sostenible: un nova guia per fer l'Agenda 21 escolar. Col·lecció guies de l'Agenda 21 escolar* (Vol. 3). Barcelona: Ajuntament de Barcelona, Àrea de Medi Ambient, Departament d'Educació Ambiental.
- Weissmann, H., Rodríguez, C. L., Jurado, A., & Pomeroy, M. (2013). La Agenda 21 Escolar de Barcelona: una experiencia innovadora. In *Ciudades y pueblos que puedan durar. Políticas locales para una nueva época* (Vol. 2013, pp. 59–72). Barcelona: Icaria.
- Wild, R. (1999). *Educar para ser: vivencias de una escuela activa*. Barcelona: Herder.
- World Water Assessment Programme. (2013). UN-Water analytical brief on water security and the global water agenda. Retrieved from <http://www.unwater.org/topics/water-security/en/>
- World Water Assessment Programme. (2012). *United Nations World Water Development Report 4. Volume 1: Managing water under uncertainty and risk*. (UNESO, Ed.). Paris.

ÍNDEX DE FIGURES, TAULES I ALTRES

Relació de figures

Figura 1. Idees-clau que contribueixen a desenvolupar la competència per actuar	27
Figura 2. El paper de l'economia verda en el desenvolupament sostenible.....	29
Figura 3. Model de desenvolupament en un espai segur i just per la humanitat	29
Figura 4. Mapa de la distribució de l'escassetat d'aigua a nivell mundial	45
Figura 5. El cicle urbà de l'aigua	47
Figura 6. El cicle urbà de l'aigua i el seu consum energètic	48
Figura 7. Detall factura de l'aigua de Barcelona	49
Figura 8. Exemple del càlcul de la petjada hídrica de dos productes	52
Figura 9. Energia pel proveïment d'aigua potable segons on es realitza la captació	57
Figura 10. Consum d'aigua per a l'obtenció de combustibles	58
Figura 11. Dificultats més habituals de l'alumnat en relació al cicle natural de l'aigua	75
Figura 12. Síntesi de les dificultats des d'una perspectiva científica i ambiental	77
Figura 13. Síntesi de les raons que expliquen la no superació de les dificultats	78
Figura 14. Característiques dels mapes de progressió.....	80
Figura 15. Selecció de conceptes relacionats amb l'aigua el Science Continuum P-10	81
Figura 16. Fases i metodologia de la recerca	90
Figura 17. Accions realitzades per la cerca i selecció de centres	92
Figura 18. Comparació de les dues il·lustracions (versió 1989 i versió 2011).....	94
Figura 19. Qüestionari principal utilitzat a l'Escola 2	95
Figura 20. Indicacions pel professorat en l'ús del qüestionari principal	98
Figura 21. Exemple del qüestionari inicial utilitzat a l'Escola 3	101
Figura 22. Exemple de l'instrument inicial utilitzat en el GEP.....	102
Figura 23. Exemple de les preguntes incloses a l'examen final (GEP)	103
Figura 24. Exemple de preguntes del qüestionari metareflexiu utilitzat en el GEP.....	103
Figura 25. Contingut del qüestionari on-line	104
Figura 26. Consideracions per a la planificació de les entrevistes	106
Figura 27. Exemple de transcripció d'una entrevista	107
Figura 28. Espais i materials utilitzats per desenvolupar el focus-group.....	108
Figura 29. Exemple d'un fragment del diari de camp	109
Figura 30. Graella d'anàlisi del contingut dels materials analitzats	110
Figura 31. Síntesi de la metodologia aplicada a l'Escola 1	111
Figura 32. Model de qüestionari utilitzat a l'Escola 1	113
Figura 33. Síntesi de la metodologia aplicada a l'Escola 2	113
Figura 34. Model de qüestionari utilitzat a l'Escola 2	115
Figura 35. Síntesi de la metodologia aplicada a l'Escola 3	116
Figura 36. Model de qüestionari utilitzat a l'Escola 3	118
Figura 37. Síntesi de la metodologia aplicada al Grau d'Educació Primària	118
Figura 38. Exemple de l'activitat inicial i de la coavaluació del cicle natural	122
Figura 39. Exemple de la coavaluació del cicle urbà i del qüestionari metareflexiu	123
Figura 40. Exemple de respostes obtingudes amb l'instrument final del GEP	123

Figura 41. Imatges de les dades recollides i de l'organització de la sessió	124
Figura 42. Exemple de la visualització d'una pregunta del qüestionari online	124
Figura 43. Exemple del procés de codificació amb l'Altas.ti (cas cicle natural) i Excel	134
Figura 44. Representació no cíclica categoritzada com a model no cíclic (E14 alumne 15)	137
Figura 45. Representació cíclica-implícita categoritzada com a superficial (E14 alumne 9)	137
Figura 46. Comparació del models de cicle natural identificats pels estudiants (columna esquerra) i per la investigadora (columna dreta)	138
Figura 47. Codi deontològic del COAMB	140
Figura 48. Relació de congressos, jornades, grups i altres.....	143
Figura 49. Activitat síntesi	168
Figura 50. Activitat d'avaluació final	168
Figura 51. Activitat de síntesi	169
Figura 52. Activitat d'avaluació final	170
Figura 53. Accions proambientals recollides en el manifest de l'aigua a l'E1.....	176
Figura 54. Fragment del diari de camp de l'Escola 2.....	178
Figura 55. Diari de camp de l'Escola 2.....	179
Figura 56. Comparació de l'evolució de l'argumentació de l'alumne 13	192
Figura 57. Activitats sobre infiltració de l'aigua incloses al dossier del projecte.....	200
Figura 58. Exemple a). Activitat "Els estats de l'aigua" on s'identifiquen concepcions alternatives sobre la naturalesa dels núvols.....	202
Figura 59. Exemple b). Activitat d'observació de la boira en la que no s'aprofundeix sobre les causes de la seva formació.....	202
Figura 60. Exemple c) Activitat experimental sobre els canvis d'estat en la que no s'aprofundeix en la interpretació de les causes dels canvis d'estat (i no només descripció)	203
Figura 61. Exemple d). Model visual de cicle natural utilitzat pel grup del projecte	204
Figura 62. Qüestionari metareflexiu posterior al taller del "Gota gotham"	207
Figura 63. Full de treball per orientar la creació de la maqueta d'un robot.....	210
Figura 64. Full dossier quines coses podem millorar amb l'aigua?.....	211
Figura 65. Activitat sobre els drets dels infants i els drets i deures envers l'aigua.....	211
Figura 66. Consells per fer un bon ús de l'aigua inclosos en el dossier del projecte	213
Figura 67. Taller de creació col·lectiva d'un conte sobre l'aigua i el futur.....	215
Figura 68. Apliquen solucions tecnològiques al riu (GEP_Alum33)	226
Figura 69. Apliquen solucions tecnològiques a la fàbrica (GEP_Alum49).....	227
Figura 70. Metareflexions focus-grup de la dimensió didàctica (GEP)	237
Figura 71. Referència al procés de condensació de l'instrument usat de coavaluació.....	241
Figura 72. Fragments del l'article de Márquez (2005) on s'aprofundeix en les dificultats sobre el procés de la condensació en el marc del cicle de l'aigua	242
Figura 73. Pregunta relacionada amb l'activitat de lectura de l'article	243
Figura 74. Criteri d'avaluació del cicle urbà on s'especifiquen les necessitats energètiques...	243
Figura 75. Proposta de modificació de l'enunciat de l'activitat	243
Figura 76 . Llegenda dels mapes d'idees.....	257

Relació d'il·lustracions

Il·lustració 1. Exemple del model de circulació superficial (grup E14 alumne 11).....	149
Il·lustració 2. Exemple d'una representació model potabilització i depuració (alumne 141)...	151
Il·lustració 3. Exemple representació no cíclica amb dos tractaments (alumne 1418)	152
Il·lustració 4. Exemple de representació que inclou el nexa aigua-energia (alumne E24A11) .	152
Il·lustració 5. Exemple que no diferencia els tractaments de l'aigua (alumne 1414)	153
Il·lustració 6. Exemple d'eliminació o trasllat de la fàbrica (E1613)	156
Il·lustració 7. Exemple de traslladar els abocaments a un altre indret (E1615)	156
Il·lustració 8. Exemple de solucions tecnològiques al riu (alumne E1602)	156
Il·lustració 9. Exemple de solucions a la fàbrica (E1608)	156
Il·lustració 10. Exemple de model del cycle de l'aigua utilitzat a l'E1.....	165
Il·lustració 11. Exemples de models del cycle de l'aigua utilitzats a l'E2	166
Il·lustració 12. Exemple de representació inicial del cycle urbà realitzada abans de la visita al Museu de les Aigües (dossier 3erA curs 10-11)	172
Il·lustració 13. Exemple de la representació del cycle urbà després de realitzar la visita al Museu de l'Aigua (dossier 3erA curs 10-11)	173
Il·lustració 14. Exemple de l'esquema final del cycle urbà utilitzat per estructurar els conceptes (dossier 3erA curs 10-11)	174
Il·lustració 15. Exemple de representació del model integrador (Egp2, alumne 1).....	184
Il·lustració 16. Exemples de representacions inicials cycle urbà (E3 alumne 19 i 13)	186
Il·lustració 17. Exemple de representació del cycle urbà realitzada després de la visita al Museu de les Aigües (E3gp2 alumne 19 i alumne 13).....	187
Il·lustració 18. Exemple de representació del cycle urbà dos anys després (E3gp2 alumne 19).....	188
Il·lustració 19. Exemple de representació del cycle urbà dos anys després (E3gp2 alumne 13).....	188
Il·lustració 20. Evolució de les representacions de l'alumne 19	205
Il·lustració 21. Evolució de les representacions de l'alumne 6	205
Il·lustració 22. Evolució de les representacions d'una alumne amb un model inicial "tractament abans i després"	206
Il·lustració 23. Exemple de model de circulació superficial (GEP_Alum2).....	221
Il·lustració 24. Exemple de model de integrador (GEP_Alum67).....	221
Il·lustració 25. Exemple model transport i un tractament (GEP_Alum41).....	224
Il·lustració 26. Exemple model potabilització i depuració (GEP_Alum4)	224
Il·lustració 27. Exemple d'evolució dels aprenentatges del cycle natural (estudiant 1).....	231
Il·lustració 28. Coneixements inicials cycle urbà (estudiant 48)	233
Il·lustració 29. Coneixements finals del cycle urbà (estudiant 48)	233

Relació de taules

Taula 1. Síntesi de les 15 corrents d'EA.....	24
Taula 2. Principals transformacions de l'EA cap a una visió més competencial	26
Taula 3. Síntesi dels beneficis de la interrelació de l'educació científica i l'educació ambiental	40
Taula 4. Resum de dades d'interès sobre el consum d'aigua	51
Taula 5. Distribució de l'aigua al Planeta	53
Taula 6. Selecció d'accions per a la reducció del consum d'aigua i energia	60
Taula 7. Selecció d'accions per a la reducció del consum d'aigua i energia a la llar.....	61
Taula 8. Nivells de progressió de competències en el camp de la sostenibilitat	84
Taula 9. Relació de participants per cada cas d'estudi.....	92
Taula 10. Avantatges i inconvenients de la tècnica del dibuix.....	94
Taula 11. Principals resultats de les entrevistes a l'alumnat	100
Taula 12. Característiques de la mostra de l'escola 1 (curs 11-12).....	112
Taula 13. Característiques de la mostra de l'escola 2 (curs 12-13).....	114
Taula 14. Característiques de la mostra de l'escola 3 (curs 13-14).....	117
Taula 15. Característiques de la mostra estudiada (GEP curs 2012-2013)	120
Taula 16. Seqüència d'activitats i accions realitzades al GEP.....	121
Taula 17. Categories d'anàlisi de la tipologia de representació del cycle natural	126
Taula 18. Categories d'anàlisi de la tipologia de representació del cycle urbà	126
Taula 19. Categories d'anàlisi de la tipologia de solució al problema de la fàbrica.....	127
Taula 20. Sistema de codificació per a identificar les característiques del cycle natural	128
Taula 21. Sistema de codificació per a identificar les característiques del cycle urbà	129
Taula 22. Tipologies d'argumentació	130
Taula 23. Sistema de codificació dels records.....	131
Taula 24. Sistema de codificació de l'acció proambiental	132
Taula 25. Categories d'anàlisi de les metareflexions escrites en els qüestionaris.....	133
Taula 26. Coneixements del cycle natural. Freqüències relatives (E1 i E2)	148
Taula 27. Característiques de les representacions del cycle natural (E1 i E2)	150
Taula 28. Coneixements del cycle urbà. Freqüències relatives (E1 i E2)	150
Taula 29. Característiques representacions cycle urbà. Freqüències relatives (E1 i E2)	151
Taula 30. Accions proambientals a favor d'un bon ús de l'aigua (E1 i E2).....	154
Taula 31. Percentatge de la tipologia d'actituds proambientals esmentades (E1 i E2).....	155
Taula 32. Tipologia de solució al problema ambiental (E1 i E2).....	155
Taula 33. Tipologia d'arguments a favor d'un bon ús de l'aigua (E1 i E2)	157
Taula 34. Alumnat que justifica i realitza cycles naturals tancats (E1 i E2).....	158
Taula 35. Recull de la tipologia d'activitats realitzades a l'E1 en relació a l'aigua.....	160
Taula 36. Recull de la tipologia d'activitats realitzades a l'E2 en relació a l'aigua.....	163
Taula 37. Coneixement del cycle natural. Freqüències relatives (E3).....	184
Taula 38. Característiques de les representacions del cycle natural (E3).....	185
Taula 39. Coneixement del cycle urbà. Freqüències relatives (E3).....	186
Taula 40. Característiques representacions del cycle urbà. Freqüències relatives (E3)	187
Taula 41. Accions proambientals a favor d'un bon ús de l'aigua (E3).....	189
Taula 42. Tipologia d'actituds proambientals anomenades (E3).....	190

Taula 43. Respostes al qüestionari inicial sobre les causes de la contaminació(E3gp).....	190
Taula 44. Tipologia de solució al problema ambiental. Freqüències relatives (E3)	191
Taula 45. Tipologia d'arguments a favor d'un bon ús de l'aigua (E3)	192
Taula 46. Evolució de la visió de futur (E3gp)	193
Taula 47. Recull de la tipologia d'activitats realitzades i records a l'E3	195
Taula 48. Recull de la tipologia d'activitats realitzades a l'E3 en relació a l'aigua.....	198
Taula 49. Tipologia de respostes sobre els aprenentatges (E3gp).....	208
Taula 50. Recull fet per la mestra a partir de les aportacions de tots els grups (E3gp).....	212
Taula 51. Síntesi reflexions de les famílies (E3gp).....	213
Taula 52. Coneixement del cicle natural. Comparació de les freqüències (GEP i EP).....	220
Taula 53. Comparació característiques representacions del cicle natural (GEP i EP).....	222
Taula 54. Coneixement del cicle urbà. Comparació de les freqüències (GEP i EP).....	223
Taula 55. Comparació característiques representacions del cicle urbà (GEP i EP).....	225
Taula 56. Tipologia de solució al problema ambiental (GEP i EP).....	226
Taula 57. Evolució de les característiques del cicle natural representat (GEP)	230
Taula 58. Evolució de les característiques del cicle urbà representat (GEP)	232
Taula 59. Metareflexions sobre el procés d'aprenentatge: dimensió conceptual (GEP).....	234
Taula 60. Metareflexions sobre el procés d'aprenentatge: dimensió didàctica i actitud professional (GEP)	235
Taula 61. Records d'experiències significatives relacionades amb l'aigua (GEP)	238
Taula 62. Síntesi de la contribució de la seqüència en l'aprenentatge (GEP).....	239
Taula 63. Nivells de progressió per a l'explicació del concepte de la condensació	248
Taula 64. Comparació explicacions inicials i finals segons el nivell progressió (GEP).....	249
Taula 65. Explicacions de l'alumnat de primària segons els nivells de progressió.....	251
Taula 66 Proposta de progressió per incloure l'energia en l'estudi del cicle de l'aigua	254

Relació de gràfics

Gràfic 1. Tendència del consum d'aigua a Barcelona (període 1999-2013)	51
Gràfic 2. Evolució de la tipologia de representació del cicle natural (GEP)	230
Gràfic 3. Evolució de la tipologia de representació del cicle urbà (GEP)	232

Relació de mapes

Mapa 1. Mapa d'idees del cicle natural	258
Mapa 2. Mapa d'idees del cicle urbà	259
Mapa 3. Mapa d'idees del consum i la conservació de l'aigua	260
Mapa 4. Mapa de síntesi	261
Mapa 5. Mapa global d'idees per orientar la FNCAA.....	262

Aquest treball identifica i analitza les condicions i les activitats que contribueixen a la formació d'una nova cultura ambiental de l'aigua en l'alumnat de primària i en els estudiants del Grau d'Educació Primària. Els resultats obtinguts han permès identificar els aspectes que cal incloure o revisar de les programacions per tal que, des de l'escola, s'afavoreixi una competència per actuar a favor de la conservació dels recursos hídrics que tingui en compte els reptes de futur que es plantejen en el marc de l'actual crisi ambiental de l'aigua. Una de les propostes didàctiques que han emergit d'aquesta recerca són els mapes d'idees i les propostes de progressió que pretenen ser d'utilitat al professorat a l'hora de planificar activitats que afavoreixin un tractament de la qüestió de l'aigua des d'una doble perspectiva científica i ambiental.

