
Les representacions de l'alumnat sobre el cicle de l'aigua

INTRODUCCIÓ

El procés de modelització a l'aula es fa mitjançant una gran varietat de llenguatges; la combinació del significat parcial de les paraules amb el significat parcial dels dibuixos, dels gestos, dels experiments, de la lectura del llibre de text, aportarà el significat global. El progrés de cada alumne estarà condicionat a la manera com aquest integri tota aquesta informació. Es poden fer aproximacions sobre com l'alumnat s'apropia d'un contingut o model científic a través del que escriuen, del que dibuixen, de com resolen un problema, de com saben plantejar preguntes rellevants, etc. En el nostre cas, aquesta aproximació es farà a partir dels diagrames que els alumnes fan del cicle de l'aigua.

L'evolució de les representacions s'ha estudiat a partir dels diagrames realitzats per l'alumnat en tres moments separats en el temps. Els diagrames són considerats com l'expressió o la representació, mitjançant el mode visual i lingüístic, del model mental fet amb un propòsit determinat (Buckley & Boulter, 2000). Els diagrames són "els artefactes" o "les representacions" a través dels quals els i les alumnes externalitzen el seu coneixement o model mental (Gobert, 2000).

En aquesta recerca, quan parlem de *representacions* ens referim a les representacions externes d'idees, d'objectes o de sistemes realitzades pels alumnes. En aquest cas, aquesta representació s'ha fet fonamentalment a través del mode visual, per el qual s'usen indistintament els termes *representació* i *diagrama*. Quan parlem de models ens referim a aquelles representacions simplificades d'una idea o d'un fenomen que inferim que els alumnes tenen del fenomen al qual estan donant significat, en aquest cas en relació amb el cicle de l'aigua.

La pregunta que ens plantegem és: com evolucionen les representacions de l'alumnat sobre el cicle de l'aigua?

L'objectiu general és identificar, caracteritzar i comparar diferents tipus de representacions sobre el cicle de l'aigua.

Aquest objectiu es concreta en uns objectius més específics que són:

Identificar, caracteritzar i comparar els models espacials i dinàmics que sobre el cicle de l'aigua tenen els alumnes de la classe.

Identificar, caracteritzar i comparar els models causals que sobre el cicle de l'aigua tenen els alumnes de la classe.

Identificar i comparar els usos i significats de les fletxes que apareixen en els diagrames fets per les i els alumnes.

El capítol està organitzat en tres apartats que corresponen als objectius plantejats.

En el primer apartat s'identifica i es caracteritza una tipologia de models en relació amb els components espacials i dinàmics. Aquest procés d'identificació i de caracterització es fa en els tres diagrames que ha realitzat cada alumne: en el diagrama inicial (DI), en el diagrama realitzat durant l'activitat d'ensenyament-aprenentatge (DA) i en el diagrama final (DF). El fet de disposar d'aquesta informació en tres moments diferents

en el temps permet comparar i determinar l'evolució de cada alumne i del total de la classe.

En el segon apartat s'identifica i es caracteritza una tipologia de models causals, malgrat no ser aquest un dels aspectes fonamentals tractats en el procés d'ensenyament-aprenentatge desenvolupat a l'aula. Aquest procés d'identificació es fa en el diagrama inicial (DI) i en el diagrama final (DF).

En el darrer apartat s'identifiquen i caracteritzen els usos que fan els alumnes de les fletxes en els seus diagrames. Aquesta part de l'anàlisi sorgeix de la constatació de l'ús multisemàntic de les fletxes per part dels alumnes. Com que es disposa dels diagrames inicials, diagrames realitzats durant l'activitat d'ensenyament-aprenentatge, i del diagrama final, es fa una comparació en l'ús de les fletxes, per part dels alumnes, abans, durant i un any després de l'activitat d'ensenyament-aprenentatge.

6.1 Identificació, caracterització i comparació dels models espacials i dinàmics

■ 6.1.1 Elaboració d'una xarxa sistèmica

Per analitzar els diagrames dels estudiants s'ha construït una xarxa sistèmica (Bliss i Ogborn, 1979 i Bliss et al., 1983) on s'han recollit les característiques espacials i dinàmiques (Gobert i Clement, 1999) que expressen els alumnes quan fan el seu diagrama del cicle de l'aigua.

- *Les característiques espacials* s'han analitzat a partir de l'observació de quins components estàtics o magatzems d'aigua dels que trobem a la natura són representats pels alumnes. D'una manera simplificada, es pot considerar que en la natura hi ha tres grans magatzems d'aigua (Bach, 2001): *l'atmosfera*, on podem trobar l'aigua en els tres estats físics, com a vapor d'aigua en l'aire, en forma líquida i/o sòlida en els núvols; *l'escorça*, on l'aigua pot estar emmagatzemada a la superfície, en els casquets polars, en glaceres, llacs, embassaments o subterràniament en els aqüífers, i finalment, el magatzem d'aigua per excel·lència, *els mars i oceans*.

Segons aquest criteri, els rius que apareixen en els dibuixos dels alumnes no són considerats magatzems d'aigua, sinó un flux d'aigua, és a dir, un component dinàmic que comunica el “magatzem escorça” amb el “magatzem mar o oceans”. Així mateix, les fonts o surgències d'aigua es consideren un “flux” entre l'escorça subterrània i la superficial.

- *Les característiques dinàmiques* del cicle recullen aquells fluxos que es produeixen entre els diferents magatzems d'aigua o dins del mateix magatzem i que poden comportar o no canvis d'estat de l'aigua. En la figura 6.1 es mostren alguns dels possibles fluxos que es poden establir dins un mateix magatzem o entre diferents magatzems.

→ Fluxos que s'estableixen	atmosfera	oceans	escorça superficial	escorça subterrània
atmosfera	condensació solidificació circulació atmosfèrica	precipitació	precipitació	
oceans	evaporació	circulació oceànica	llevantades, tsunamis	intrusions marines
escorça superficial	evaporació	desembocadura dels rius liquació icebergs	circulació superficial escorrentia fusió	infiltració
escorça subterrània	evaporació transpiració	circulació subterrània	surgència fonts	circulació subterrània

Figura 6.1 Alguns dels fluxos que s'estableixen entre els diferents magatzems d'aigua de la Terra.

La xarxa sistèmica que es mostra en la figura 6.2 s'ha fet tenint en compte els components espacials i dinàmics que apareixen en els diagrames fets pels alumnes, cosa que explica que no apareguin tots els magatzems i fluxos comentats anteriorment.

Aquesta xarxa sistèmica s'ha utilitzat per analitzar els tres diagrames fets per l'alumnat: el diagrama inicial (DI), el diagrama realitzat durant l'activitat a l'aula (DA) i el diagrama final (DF).

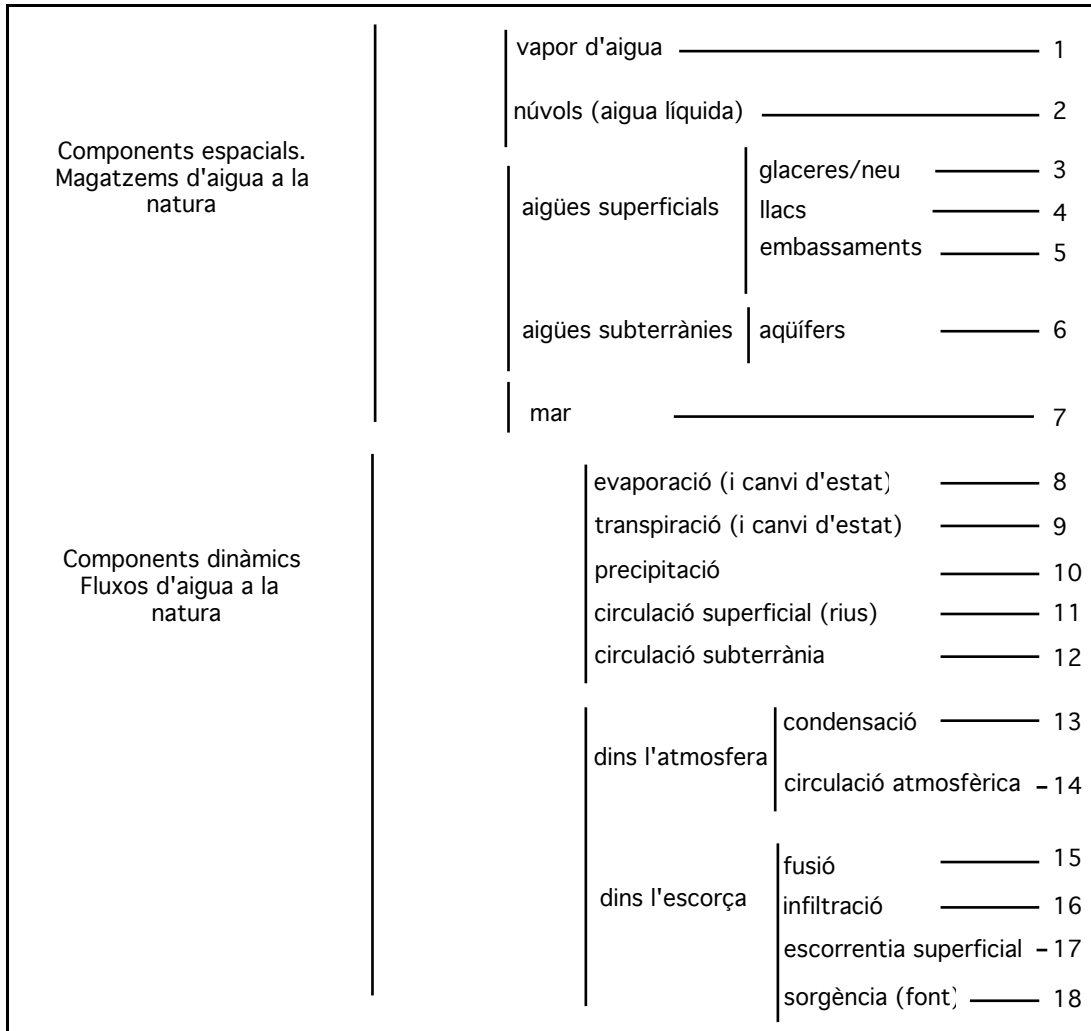


Figura 6.2. Xarxa sistèmica per analitzar el diagrama sobre el cicle de l'aigua en relació amb els components espacials i dinàmics.

■ 6.1.2 Identificació i caracterització dels models espacials i dinàmics en el diagrama inicial

La taula de la figura 6.3 recull els resultats que s'han obtingut en aplicar els ítems de la xarxa sistèmica a cadascun dels diagrames inicials realitzats per l'alumnat.

alumne	Components espacials							Components dinàmics											Tipus de model
	1 vapor	2 núvol	3 glacera	4 llac	5 pantà	6 aqüífer	7 mar	8 evapor.	9 transp.	10 precipit	11 dir. sup	12 dir. sub	13 conde.	14 cr. atmo	15 fusió	16 infra	17 escorren	18 sorgenc	
1		x					x			x									1
2		x					x	x		x	x								3
3		x					x	x		x	x			x					3
4	x	x					x	x		x	x				x				3
5																			0
6		x		x						x									1
7	x	x					x	x		x	x								3
8		x		x			x	x		x									2
9																			0
10																			0
11																			0
12		x					x			x									1
13		x					x			x	x								1
14		x					x	x		x	x			x					3
15		x		x						x									1
16																			0
17		x					x			x	x								1
18	x	x					x	x		x	x								3
19	x	x					x	x		x	x			x					3
20	x	x					x	x		x									2
21	x	x					x	x		x	x				x				3
22																			0
23	x	x					x	x		x	x								3
24			x								x				x				1
25	x	x	x			x	x	x		x	x	x		x	x				4
26	x	x					x	x		x	x								3
27	x	x					x	x		x	x			x					3
28		x					x	x		x	x								3
29	x	x					x	x		x									2
30		x					x			x	x								1
n	11	23	2	3	0	1	21	16	0	23	17	1	0	5	4	0	0	0	
%	36,7	76,7	6,7	10	0	3,3	70	53,3	0	76,7	56,6	3,3	0	16,7	13,3	0	0	0	

Figura 6.3. Graella dels resultats obtinguts de l'anàlisi dels components espacials i dinàmics del diagrama inicial (n = 30).

La graella de resultats mostra que els components espacials més representats són els corresponents al magatzem atmosfera, vapor d'aigua (36,7%) i núvols (76,7%), i al magatzem mar (70%). Quant als components dinàmics, els tres processos més representats són la

precipitació (76,7%), la circulació superficial (56,6%) i l'evaporació (53,3%).

L'anàlisi dels diagrames ha permès definir, en el diagrama inicial, **quatre tipus de models** sobre el cicle de l'aigua en relació amb els components espacials i dinàmics. Malgrat que es descriuen com a categories o tipus ben definits (tipus 1, 2, 3 i 4), es poden considerar com un continu que va del tipus 1, una representació simple i parcial del cicle de l'aigua, fins al tipus 4, una representació molt més completa i global. En la taula de la figura 6.3 s'observa que en la columna de tipus de models apareix el valor 0. D'aquesta manera es representa aquells alumnes que o bé només han fet un text escrit o bé han fet un dibuix que no s'adiu amb la demanda de dibuixar el cicle de l'aigua.

- El **tipus 1** o **model no cíclic** recull les representacions on no hi ha un tancament entre les entrades i les sortides d'aigua, és a dir, on la circulació de l'aigua queda interrompuda en algun moment.
- El **tipus 2** o **model atmosfèric** recull les representacions que tanquen el recorregut de l'aigua en la natura però que només consideren dos magatzems: l'atmosfera i l'oceà, i dos fluxos o canvis de magatzem: l'evaporació i la precipitació. Aquests diagrames només fan referència a la circulació atmosfèrica de l'aigua. L'aigua inicia el seu recorregut al mar, on s'evapora, es formen els núvols i torna a ploure damunt el mar.
- El **tipus 3** o **model de circulació superficial** afegeix a l'anterior la circulació superficial o el retorn de l'aigua continental a l'oceà, és a dir, ja té en compte tres magatzems (atmosfera, escorça i oceans) i alguns dels fluxos entre aquests. L'aigua del mar s'evapora, es formen els núvols, plou a les muntanyes, es formen els rius i aquests van cap al mar. Hi ha diagrames que mostren de manera específica l'origen del rius a partir de la fusió de la neu de les geleres.
- El **tipus 4** o **model de circulació subterrània** manifesta una altra ubicació de l'aigua i un nou flux, 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 d'aigua circula subterràniament fins a arribar també al mar.

Un exemple de cada tipus de model es mostra en la taula 6.4. I una taula resum amb els models definits i la freqüència amb què apareixen en la mostra analitzada es recull en la figura 6.5.

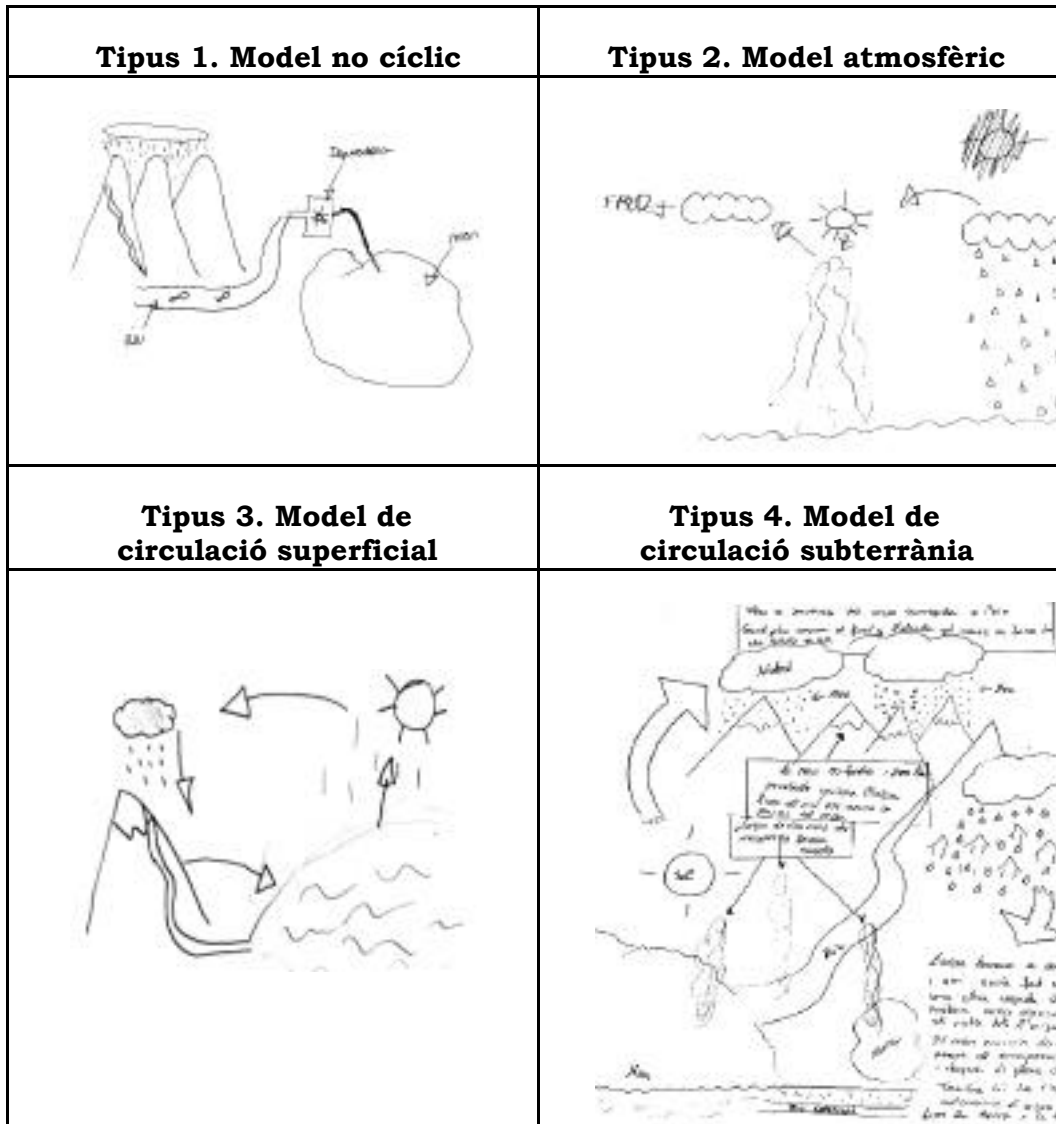


Figura 6.4. Diagrama inicial. Diagrames tipus de cada model de *cicle de l'aigua*.

	Tipus de model	Alumnes	Freqüència	Percentatge
Tipus 1	Model no cíclic	1, 6, 12, 13, 15, 17, 24, 30	8	26,7%
Tipus 2	Model atmosfèric	8, 20, 29	3	10%
Tipus 3	Model de circulació superficial	2, 3, 4, 7, 14, 18, 19, 21, 23, 26, 27, 28	12	40%
Tipus 4	Model de circulació subterrània	25	1	3,3%
Tipus 0	No representen	5, 9, 10, 11, 16, 22	6	20%

Figura 6.5. Diagrama inicial. Tipus de models espacials i dinàmics del cicle de l'aigua dels alumnes de primer d' ESO (n = 30).

La taula de la figura 6.5 mostra que el model de circulació superficial és el més freqüent (40%), que només una alumna representa en el seu diagrama inicial l'aigua subterrània i la seva circulació, i que un 26,7% de l'alumnat expressa un model no cíclic de circulació de l'aigua en la natura.

■ 6.1.3 Identificació i caracterització dels models espacials i dinàmics en el diagrama realitzat durant l'activitat d'ensenyament-aprenentatge (DA)

Per analitzar el diagrama que l'alumnat ha realitzat durant la intervenció educativa s'ha utilitzat la mateixa xarxa sistèmica que per el diagrama inicial (figura 6.2). La graella dels resultats obtinguts es mostra en la taula de la figura 6.6. Una primera evidència d'aquesta anàlisi és que un nombre important d'alumnes representen ara en el seu diagrama l'aigua subterrània i el procés de la infiltració, així com una uniformitat més gran en les seves representacions. Aquest canvi ha fet que els tipus de representació o de models definits a partir del diagrama inicial resultin insuficients i s'hagin hagut de definir nous tipus de models.

alumne	Components espacials							Components dinàmics											model
	1 vapor	2 núvol	3 glacera	4 llac	5 pantà	6 aqüífer	7 mar	8 evapor.	9 transp.	10 precipit	11 dir. sup	12 dir. sub	13 conde.	14 dir. atmo	15 fusió	16 infiltra	17 esconren	18 sorgenc	
1	x	x		x		x	x											x	0
2	x	x	x	x		x	x	x		x					x	x		x	5
3	x	x	x	x		x	x	x	m	x	x	x	x		x	x		x	6
4		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x			x	x		x	6
5	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x				x	x		x	6
7	x	x	x	x		x	x	x		x	x		x			x		x	5
8		x	x	x		x	x	x		x	x				x	x			5
9		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x			x	x		x	6
10	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x		x	x		x	5
11	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x				x	x		x	5
12		x		x		x	x												0
14		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x			x	x		x	6
17	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x			x	x			6
18	x	x					x		x	x			x		x	x			3
19	x	x	x			x	x	x		x	x	x			x	x		x	6
20		x	x	x		x	x	x	x	x	x				x	x		x	5
21	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x				x	x		x	5
22		x	x	x		x	x	x		x	x							x	3
23	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	6
25	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x				x	x		x	5
26	x	x	x	x		x	x	x	m	x	x	x	x		x	x		x	6
27	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x				x	x		x	5
28	x	x	x	x		x	x	x	m	x	x				x	x		x	5
29		x	x	x		x	x	m		x		x				x		x	3
30	x	x	x	x		x	x	x	x		x		x		x	x		x	5
n	17	25	22	23	0	24	25	22	16	22	20	10	7	1	20	22	0	21	
%	68	100	88	92	0	96	100	88	64	88	80	40	28	4%	80	88	0	84	

Figura 6.6. Graella dels resultats obtinguts de l'anàlisi dels components espacials i dinàmics en el diagrama fet durant l'activitat d'ensenyament-aprenentatge (n = 25).

En relació amb la identificació dels diferents components espacials o magatzems d'aigua en la natura, s'observa que els alumnes posen el nom en els llocs ja presents en el dibuix on es pot trobar aigua, com el mar (100%) o el llac (92%), i hi afegixen, majoritàriament, els llocs proposats

en la discussió a classe, com són els núvols (100%), les glaceres (88%) i l'aigua subterrània o aqüífer (96%).

L'anàlisi de les dades permet observar que els processos representats, ordenats segons la seva freqüència, són: evaporació, precipitació i infiltració, representat pel 88% dels alumnes, circulació superficial i fusió (80%), transpiració (64%), circulació subterrània (40%), condensació (28%) i circulació atmosfèrica (4%). Els alumnes que han dibuixat una font en el seu dibuix s'han consignat com que han representat el procés de surgència (84%), malgrat que són molt pocs (alumne 5, 9, 23, 25, 27 i 30) els que realment mostren la relació de la surgència d'aigua d'una font amb les aigües subterrànies.

També és interessant destacar els pocs alumnes (28%) que afegeixen en el seu dibuix la condensació, malgrat haver-ho demanat específicament la professora.

La situació contrària es dona en el cas de la circulació superficial, procés que la professora no representa en el diagrama que fa a la pissarra i que un 80% de l'alumnat fa constar de manera explícita en els seus diagrames.

S'han identificat sis models del cicle de l'aigua en relació amb els components espacials i dinàmics. Els tipus 1, 2, 3 i 4 coincideixen amb els models definits en el qüestionari inicial, mentre que els tipus 5 i 6 recullen diferents representacions i consideracions en relació amb l'aigua subterrània.

- **El tipus 5 o model d'aigua subterrània com una reserva independent** recull aquells diagrames on es representa 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. En el dibuix poden aparèixer signes que representen el procés d'infiltració, que mostra com ha arribat l'aigua a aquesta localització, però no com aquesta aigua es reincorpora de nou al cicle hidrològic. En un cas (alumne 20), el text escrit que acompanya el diagrama diu: «L'aigua dels rius i mars es pot infiltrar pel terra i formar "llacs" d'aigua subterrània». Veiem que, malgrat parlar d'infiltració com el mecanisme que ha permès tenir aigua subterrània, aquesta queda desconnectada del circuit natural.
- **El tipus 6 o model integrador** recull aquelles representacions que a més de mostrar l'aqüífer i la circulació subterrània, mostren el procés de la infiltració pel qual l'aigua superficial passa a ser subterrània.

Un exemple d'alguns dels diagrames fets per l'alumnat corresponents als nous models definits, els tipus 5 i 6, es mostra en la figura 6.7.



Figura 6.7. Diagrama d'aula. Exemples de diagrames corresponents als models tipus 5 i 6.

La taula de la figura 6.8 és un resum de la freqüència amb què apareixen cadascun dels models en la mostra analitzada.

	Tipus de model	Alumnes	Freqüència	Percentatge
Tipus 1	Model no cíclic		0	0
Tipus 2	Model atmosfèric		0	0
Tipus 3	Model de circulació superficial	18, 22, 29	3	12%
Tipus 4	Model de circulació subterrània		0	
Tipus 5	Model d'aigua subterrània com una reserva independent	2, 7, 8, 10, 11, 20, 21, 25, 27, 28, 30	11	44%
Tipus 6	Model integrador	3, 4, 5, 9, 14, 17, 19, 23, 26	9	36%
Tipus 0	No representen	1, 12	2	8%

Figura 6.8. Diagrama d'aula. Tipus de models espacials i dinàmics del cicle de l'aigua dels alumnes de primer d' ESO (n = 25).

En els dibuixos fets durant el procés d'ensenyament-aprenentatge hi ha molts alumnes que representen l'aigua subterrània i el procés d'infiltració, però els costa representar la circulació de l'aigua subterrània considerada com la connexió al circuit general d'aigua en la natura. Els i les alumnes marquen fletxes que corresponen a la infiltració, dibuixen l'aigua sota terra de diferents maneres, com una bossa de petroli, com un riu, amb unes onades..., però no expressen el mecanisme pel qual aquesta aigua torna a reincorporar-se al cicle hidrològic. D'aquí la freqüència tan alta (44%) d'alumnes que expressen un model d'aigua subterrània com a reserva independent del circuit de l'aigua. La dificultat de l'alumnat per representar la circulació subterrània es detecta, per tant, com un problema.

■ 6.1.4 Identificació i caracterització dels models espacials i dinàmics en el diagrama final (DF)

Es disposa de vint-i-nou diagrames. Tots els alumnes han fet la representació gràfica que se'ls demana i totes elles són significatives en relació amb la demanda.

Per analitzar els diagrames finals s'ha utilitzat la mateixa xarxa sistèmica que per el diagrama inicial (figura 6.2). Els resultats obtinguts es mostren en la graella de resultats de la figura 6.9, així com la correspondència de cada alumne amb la tipologia de model que manifesta en el seu diagrama.

alumne	Components espacials							Components dinàmics											model
	1 vapor	2 núvol	3 glacera	4 llac	5 pantà	6 aqüífer	7 mar	8 evapor.	9 transp.	10 precipit.	11 cr. sup	12 cr. sub	13 conde.	14 cr. atmo	15 fusió	16 infiltra	17 escomren	18 sorgenc	
1		x		x		x				x									1
2	x	x					x	x		x	x								3
3	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x							4
4		x		x		x		x		x		x		x					4
5		x	x			x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	6
7	x	x	x			x	x	x		x	x			x					5
8	x	x		x		x		x		x	x	x							4
9		x	x				x				x								1
10		x	x					x		x	x	x	x	x					4
11	x	x	x			x	x	x		x	x	x		x					4
12		x				x	x			x	x	x						x	1
13	x	x						x		x									2
14		x		x		x	x	x		x	x			x		x			6
15		x								x									1
16		x				x	x	x		x	x	x							4
17	x	x						x		x			x			x			2
18	x	x	x			x	x	x			x	x							1
19	x	x				x	x	x		x	x	x	x	x		x			6
20	x	x	x			x	x			x	x			x		x			5
21	x	x	x			x	x	x		x	x			x					5
22		x					x	x		x									2
23	x	x				x	x	x		x		x				x			6
24		x	x			x	x	x		x	x	x		x	x				4
25	x	x	x			x	x	x		x	x	x		x		x			6
26		x	x			x	x	x		x	x		x	x					4
27		x	x				x	x		x	x			x					3
28	x	x	x				x	x		x	x			x	x				3
29	x	x				x		x		x				x					2
30	x	x	x			x	x	x		x	x	x		x				x	4
n	16	29	15	5	0	21	21	24	0	27	21	14	4	16	3	7	0	3	
%	52,2	100	51,7	17,2		72	72	82,7	0	93	72	48,3	13,8	55	10,3	24,1	0	10,3	

Figura 6.9. Graella dels resultats obtinguts de l'anàlisi dels components espacials i dinàmics en el diagrama final (n =29).

En el diagrama final els components espacials més representats són els núvols (100%), el mar i les aigües subterrànies (72%), seguits del vapor d'aigua (52,7%) i de les glaceres (51,7%). En relació amb els components

dinàmics, el més representat és la precipitació (93,1%), seguit de l'evaporació (82,7%). L'únic procés dels comentats a classe durant el curs anterior que ningú representa és la transpiració.

Els tipus de models identificats del cicle de l'aigua corresponen a les mateixes categories que es van definir a partir de l'anàlisi del diagrama realitzat durant la seqüència d'ensenyament-aprenentatge.

La figura 6.10 presenta una taula resum de la freqüència amb què apareix cadascun dels models en la mostra analitzada. La figura 6.11 mostra exemples del diagrama final, corresponents als models tipus 4, 5 i 6.

	Tipus de model	Alumnes	Freqüència	Percentatge
Tipus 1	Model no cíclic	1, 9, 12, 15, 18	5	17,3%
Tipus 2	Model atmosfèric	13, 17, 22, 29	4	13,8%
Tipus 3	Model de circulació superficial	2, 27, 28	3	10,3%
Tipus 4	Model de circulació subterrània	3, 4, 8, 10, 11, 16, 24, 26, 30	9	31%
Tipus 5	Model d'aigua subterrània com una reserva independent	7, 20, 21	3	10,3%
Tipus 6	Model integrador	5, 14, 19, 23, 25	5	17,3%

Figura 6.10. Diagrama final. Tipus de models espacials i dinàmics del cicle de l'aigua dels alumnes de segon d'ESO (n = 29).

El model de circulació subterrània és el més freqüent (31%) en els diagrames finals. Si ajuntem els models que tenen en compte l'aigua subterrània (tipus 4, 5 i 6), el percentatge augmenta fins al 58,6%. També és important destacar que un 17,3% representa un model no cíclic, ja que no tanca el recorregut de l'aigua en la natura.

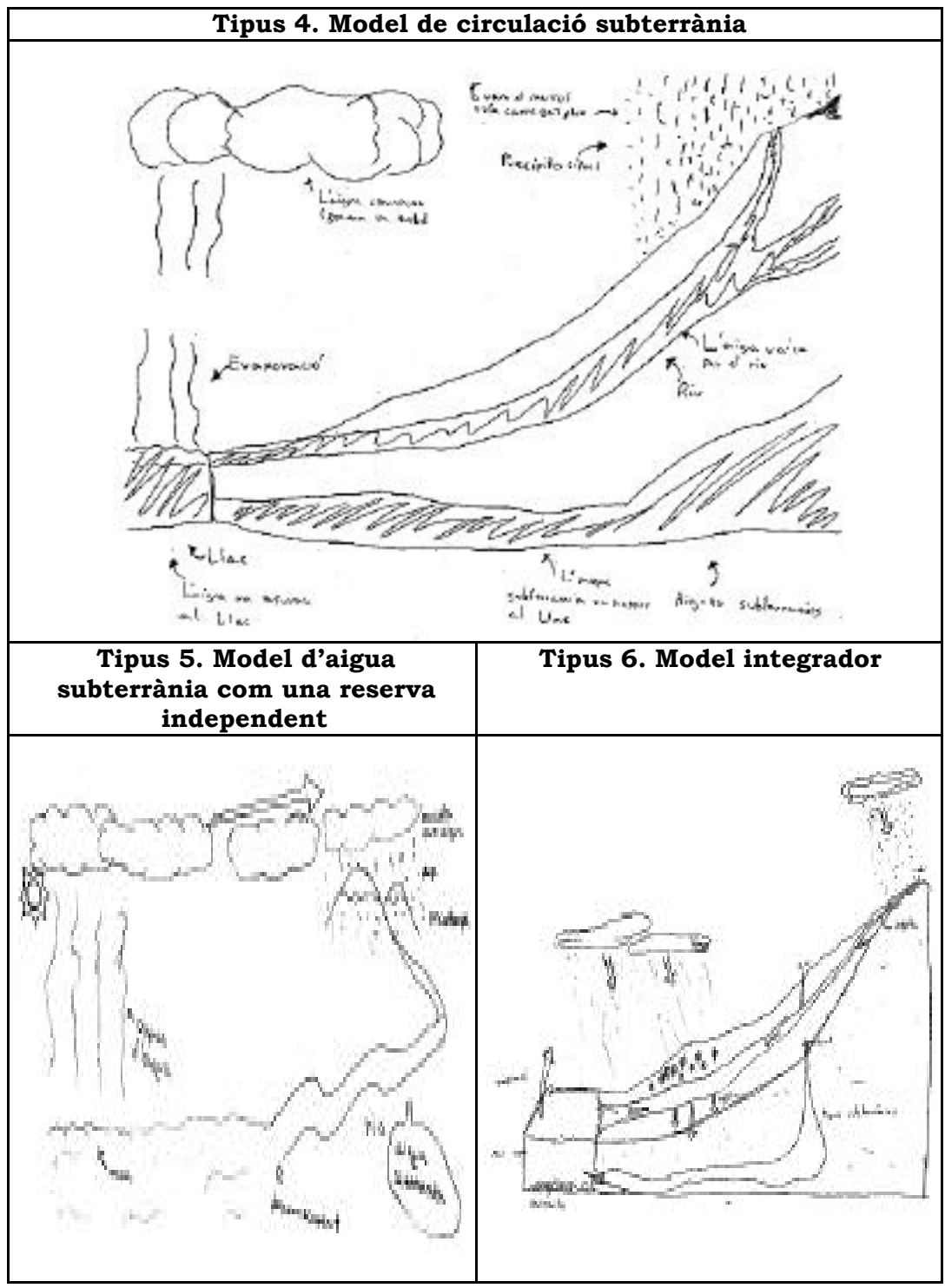


Figura 6.11. Diagrama final. Exemples de diagrames corresponents als models tipus 4, 5 i 6.

■ **6.1.5 Evolució dels models en relació amb els components espacials i dinàmics del cicle de l'aigua**

En aquest apartat ens plantegem fer la comparació entre els diferents diagrames fets al llarg del temps per tal d'arribar a veure'n l'evolució. Primerament ens referirem a les diferències en les representacions dels components espacials o magatzems d'aigua. En la taula de la figura 6.12 es recullen aquestes variacions.

Magatzem	Diagrama inicial (n=30)		Diagrama d'aula (n=25)		Diagrama final (n=29)	
	Freqüència absoluta	%	Freqüència absoluta	%	Freqüència absoluta	%
Atmosfera (vapor)	11	36,7%	17	68%	16	55,2%
Atmosfera (núvols)	23	76,7%	25	100%	29	100%
Escorça (glacera)	2	6,7%	22	88%	15	51,7%
Escorça (llac)	3	10%	23	92%	5	17,2%
Escorça (aqüífer)	1	3,3%	24	96%	21	72,4%
Mar	21	70%	25	100%	21	72,4%

Figura 6.12. Taula comparativa dels components espacials o magatzems d'aigua representats en el diagrama inicial, en el diagrama d'aula i en el diagrama final.

Els dos canvis més importants que es donen entre el diagrama inicial i el final és l'augment de la representació de l'aigua en estat sòlid a les glaceres i cims de les muntanyes (es passa de 6,7% a 51,7%) i de l'aigua subterrània (es passa de 3,3% a 72,4%).

Aquesta representació de l'aigua en estat sòlid (l'aigua a les glaceres representa un 2,2% del volum total d'aigua) i de l'aigua retinguda al subsòl (que representa un 0,6%) és molt important, ja que ajuda, segons Haguénauer (1995), a la construcció de la idea que la quantitat d'aigua al llarg del cicle es manté suposadament constant. Com que a grans trets, la circulació de l'aigua del mar a l'atmosfera, de l'atmosfera a la terra i d'aquesta de nou al mar no sembla que representi cap dificultat conceptual, el que no és tan evident és que sempre sigui la mateixa aigua; l'autora esmentada diu que si en lloc de parlar de circulació de l'aigua es parlés del seu reciclatge natural, s'afavoriria la consolidació d'aquesta idea.

En el diagrama final es detecta, en relació amb el diagrama inicial, un augment de la representació subterrània del cicle de l'aigua. Es passa d'un 3,3% al (DI) al 58,6% al diagrama final (DF). Aquest augment és important en la mesura que és un primer pas necessari per representar els processos de la circulació subterrània, infiltració i surgència. Cal tenir localitzada i identificada l'aigua subterrània per fer-la circular, fer-la brollar i plantejar-se el mecanisme pel qual ha arribat o es manté en aquest emplaçament subterrani. Una representació tan completa com sigui possible dels components materials és un model medidor en el sentit que proposa Clement (2000), per arribar al model teòric escolar.

El percentatge de la representació del mar és força similar entre el diagrama inicial i el final. Sorpren que hi hagi alumnes que no necessitin dibuixar el mar en els seus diagrames per representar el cicle de l'aigua: en aquests casos, plantegen l'evaporació majoritàriament en un llac o en un toll d'aigua.

Una vegada comparats els components materials, passem a comparar els components dinàmics. En la taula de la figura 6.13, on es relacionen aquells que s'han consignat en la xarxa sistèmica, es mostren les dades en relació amb els components dinàmics o processos expressats en els tres diagrames.

Components dinàmics	Diagrama inicial (n=30)		Diagrama d'aula (n=25)		Diagrama final (n=29)	
	Freqüència absoluta	%	Freqüència absoluta	%	Freqüència absoluta	%
Evaporació	16	53,3%	22	88%	24	82,7%
Transpiració	0	0%	16	64%	0	0%
Precipitació	23	76,6%	22	88%	27	93,1%
Circulació superficial	17	56,6%	20	80%	21	72,4%
Circulació subterrània	1	3,3%	10	40%	14	48,3%
Condensació	0	0%	7	28%	4	13,8%
Circulació atmosfèrica	5	16,6%	1	4%	16	55,2%
Fusió	4	13,3%	20	80%	3	10,3%
Infiltració	0	0%	22	88%	7	24,1%
Surgència	0	0%	21	84%	3	10,3%

Figura 6.13. Taula comparativa dels components dinàmics o processos representats en el diagrama inicial, en el diagrama d'aula i en el diagrama final.

Comparant el diagrama inicial i el final, la taula (figura 6.13) mostra que la representació de tots els processos augmenta. L'única excepció és la fusió, que baixa lleugerament.

En el diagrama inicial hi ha quatre processos, la transpiració, la condensació, la infiltració i la surgència, que no són representats per cap alumne. En el diagrama final aquests processos són representats per alguns alumnes, excepte la transpiració.

El procés de la transpiració és comentat com un dels fluxos que s'estableixen en el cicle de l'aigua en el qual intervenen els éssers vius (concretament la vegetació) en les sessions enregistrades i és representat per un 64% dels alumnes en el diagrama de l'aula; en canvi, no és representat per cap dels alumnes en el diagrama final. El que sí que s'ha observat és que hi ha un 24,1% d'alumnes (alumnes, 5, 11, 14, 15, 16, 26, 30) que en el seu dibuix final representen arbres. Aquesta observació pot ser significativa, ja que en el diagrama inicial no hi ha cap dels trenta alumnes que en dibuixi. El nostre supòsit és que la representació dels arbres és un primer pas per arribar a representar la transpiració.

En el diagrama inicial, com ja s'ha dit, cap alumne representa la condensació. En el diagrama fet a l'aula només un 28% dels alumnes, i en el final, el 13,8%. Aquesta constatació coincideix amb els resultats de recerques fetes sobre la percepció dels alumnes del cicle de l'aigua (Piaget, 1930) (Bar, 1989), on es mostra la gran dificultat que tenen aquests per representar-se correctament el mecanisme de formació de núvols.

La representació del procés de la infiltració passa del 0% al diagrama inicial al 24,1% en el final. Aquest augment, l'interpretem relacionat amb l'augment de la representació de la circulació subterrània, que passa d'un 3,3% a un 48,3%.

La manera de representar la circulació subterrània presenta dificultats, però són les mateixes que es poden trobar si es mira com es representa aquest procés en els llibres de text. Hi ha diagrames que presenten una similitud total entre la circulació superficial i la subterrània, dibuixant dos rius paral·lels en direcció al mar; altres dibuixen unes bosses semblants a les de les reserves petrolíferes.

Finalment, comparem les variacions en les tipologies de models expressats en els tres diagrames (figura 6.14):

	Diagrama inicial (n=30)	%	Diagrama d'aula (n=25)	%	Diagrama final (n=29)	%
Tipus 0: No significatiu	6	20	2	8	0	0
Tipus 1: Model no cíclic	8	26,7	0	0	5	17,3
Tipus 2: Model atmosfèric	3	10	0	0	4	13,8
Tipus 3: Model de circulació superficial	12	40	3	12	3	10,3
Tipus 4: Model de circulació subterrània	1	3,3	0	0	9	31
Tipus 5: Model d'aigua subterrània com a reserva independent	0	0	11	44	3	10,3
Tipus 6: Model integrador	0	0	9	36	5	17,3
total	29	100	25	100	29	100

Figura 6.14. Taula comparativa de la distribució de les diferents tipologies en relació amb els aspectes espacials i dinàmics en els tres diagrames.

La taula de la figura 6.14 mostra que en el diagrama inicial el tipus de model més freqüent és el model de circulació superficial (40%). Hi ha un nombre destacat d'alumnes que expressen un model no cíclic (26,7%) i d'altres que no s'ajusten a la demanda de dibuixar el cicle de l'aigua i corresponen a la categoria de models no significatius (20%). En el diagrama inicial només hi ha una alumna que expressa un model de circulació subterrània.

En el diagrames fets durant el procés d'ensenyament-aprenentatge no apareix cap representació que correspongui a un model no cíclic, ni només atmosfèric ni de circulació subterrània. Hi ha un percentatge elevat d'alumnes (44%) que incorporen en les seves representacions l'aigua subterrània, però ho fan sense relacionar-la amb la circulació general de l'aigua a l'atmosfera. Un 36% de l'alumnat, el que correspon al model integrador, fa un diagrama que recull els magatzems d'aigua i els

Capítol 6: Les representacions de l'alumnat sobre el cicle de l'aigua **443**

canvis comentats a classe en relació en la circulació de l'aigua en la natura.

En els diagrames finals, un 17,3% de l'alumnat torna a fer un diagrama no cíclic. En aquest cas, desapareix la tipologia de diagrames no significatius i el model més abundant és el de la circulació subterrània (31%), seguit del model integrador (17,3%).

Passem ara a analitzar les variacions individuals. La taula de la figura 6.15 mostra les variacions de cada alumne en relació amb l'expressió dels aspectes materials i dinàmics del model de cicle de l'aigua. Del diagrama inicial s'ha eliminat l'alumna 6 ja que no disposem del seu diagrama final i no podem mostrar la seva evolució.

	Diagrama inicial	total	%	Diagrama final	total	%
Tipus 0: No significatiu	5, 9, 10, 11, 16, 22	6	20,7		0	0
Tipus 1: Model No cíclic	1,12,13,15,17, 24,30	7	24,2	1, 9, 12, 15, 18	5	17,3
Tipus 2: Model atmosfèric	8, 20, 29	3	10,3	13, 17, 22, 29	4	13,8
Tipus 3: Model de circulació superficial	2,3,4,7,14,18, 19,21,23,26, 27, 28	12	41,4	2, 27, 28	3	10,3
Tipus 4: Model de circulació subterrània	25	1	3,4	3, 4, 8, 10, 11, 16, 24, 26, 30	9	31
Tipus 5: Model d'aigua subterrània com a reserva independent		0	0	7, 20, 21	3	10,3
Tipus 6: Model integrador				5, 14, 19, 23, 25	5	17,3
total		29	100		29	100

Figura 6.15. Taula comparativa entre els tipus de models en relació amb els magatzems i processos trobats en els diagrames inicial i final (n = 29).

En el quadre de la figura 6.15 s'ha destacat en color vermell aquells alumnes que expressen un mateix tipus de model en els diagrama inicial

i final. Hi ha set alumnes (24,1%) que es mantenen dins la mateixa tipologia. Tres continuen fent representacions no cícliques, interrompent la circulació de l'aigua en algun moment del seu recorregut; un alumne es manté en el tipus 2, és a dir, planteja un recorregut de l'aigua només atmosfèric, i finalment, tres alumnes es mantenen en el tipus 3, representant la circulació de l'aigua a nivell atmosfèric i superficial.

En verd es destaca l'únic alumne de la mostra (18) la representació del qual podríem considerar que no evoluciona favorablement, ja que passa d'un model "tipus 3" en el seu diagrama inicial, on representava un recorregut cíclic i tancat de l'aigua en la natura, a un model tipus 1, "no cíclic", en el seu diagrama final.

Els vint-i-un alumnes restants (72,4%) evolucionen favorablement, ja que en els seus diagrames finals representen una circulació de l'aigua on intervenen més magatzems i processos.

La gràfica de la figura 6.16 mostra l'evolució de cada alumne, observada comparant els models corresponents al diagrama inicial i final.

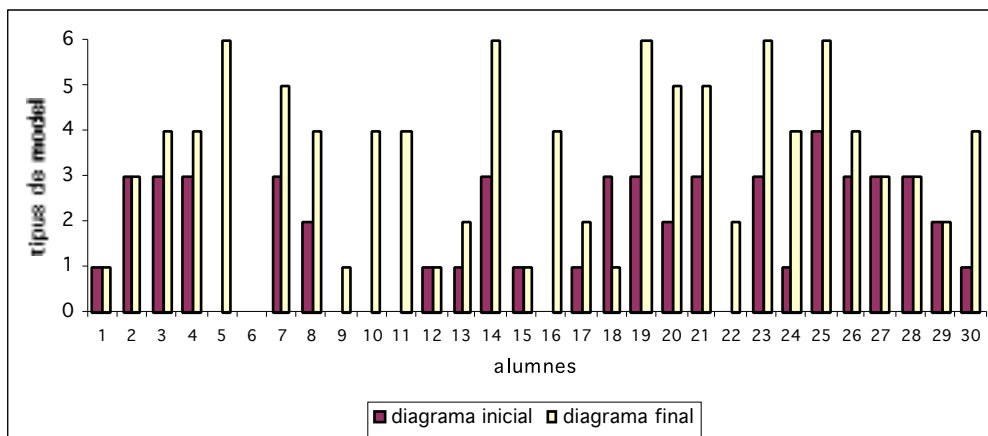


Figura 6.16. Evolució individual de les tipologies dels models en relació amb els components espacials i dinàmics del cicle de l'aigua ($n = 29$). El model tipus 0 coincideix amb l'eix d'abscisses.

6.2 Identificació, caracterització i comparació dels models causals

En el procés de modelització que la professora ha dut a terme a l'aula s'han treballat específicament la identificació dels components espacials i els dinàmics i algunes de les característiques més importants del funcionament del cicle de l'aigua, més que no pas els mecanismes causals del fenomen. Malgrat això, s'ha volgut fer una aproximació als tipus de raonaments causals que apareixen en els diagrames i en el textos escrits inicial i final elaborats pels alumnes.

■ 6.2.1 Elaboració de la xarxa sistèmica

En aquest apartat s'ha analitzat per separat la informació proporcionada amb el mode visual i amb el mode lingüístic. Per a cada mode, s'han identificat uns criteris per a la selecció dels ítems que compondran la xarxa sistèmica.

Mode visual

Els ítems que es consideraran per a cada diagrama són:

- Diagrames sense cap signe d'agents causals.
- Diagrames on apareix representat algun agent causal (el sol). Només es considera el sol perquè és l'únic agent causal que alguns alumnes representen.
- Diagrames on apareix representat algun agent causal (el sol) i alguna indicació dels seus efectes. En alguns diagrames els alumnes, a més de dibuixar el sol, representen, amb raigs o línies, la calor o l'energia.
- Diagrames amb una clara disposició cíclica dels elements que el componen. Seran aquells diagrames en els quals els dibuixos o les paraules que representen les diferents entitats o els diferents processos estan units entre si amb fletxes i formant un cercle. En aquest tipus de representació gràfica no es respecta la disposició espacial de les entitats de la natura; així el sol pot estar per sota les muntanyes, aquestes per sobre dels núvols, etc.

- Diagrames no significatius. Són aquells diagrames que no han respectat la consigna i que han representat una situació diferent a la demanada. Per exemple, representar l'aigua en els tres estats, fent un dibuix d'un tros de gel, un got d'aigua i una olla al foc de la qual surt vapor.

Per acabar, s'han consignat en la categoria "no diagrama" els alumnes que per explicar el cicle de l'aigua no han utilitzat el mode visual o gràfic i que només han fet un text escrit.

En la figura 6.17 es pot veure un exemple de diagrama representatiu de cada ítem.

Mode lingüístic

Es consideraran les categories següents:

- Text descriptiu.: Textos que només són un relat o una descripció de tot el que va passant, sense establir cap relació causa-efecte.
- Text explicatiu: Textos on hi ha un mínim de raonament causa-efecte.
- Textos no significatius: Textos que no contesten la pregunta plantejada.

Per acabar en la categoria "no text escrit" hi ha els alumnes que no han elaborat cap text escrit per acompanyar el seu diagrama.

La figura 6.18 mostra la xarxa sistèmica elaborada a partir d'aquests ítems:

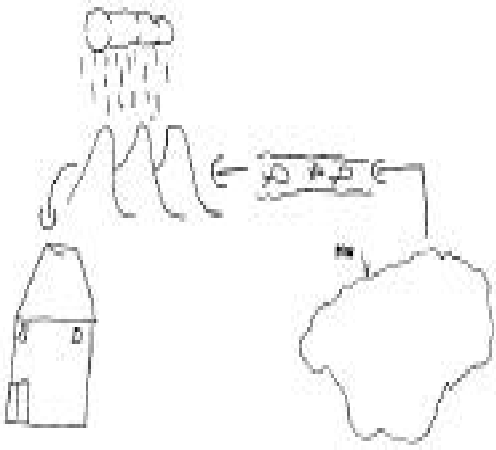
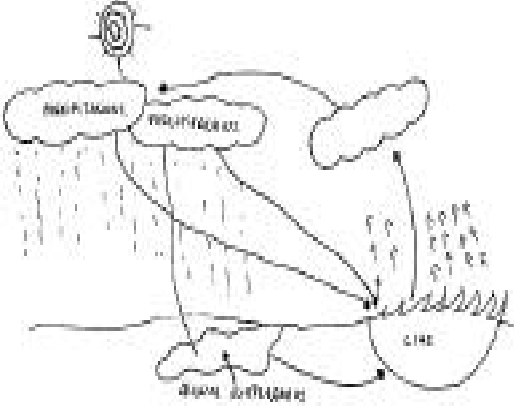
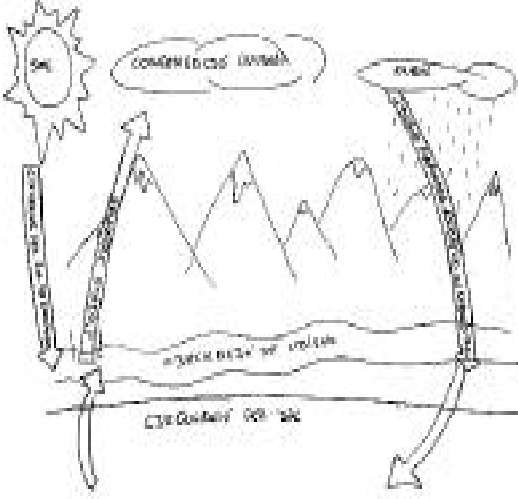
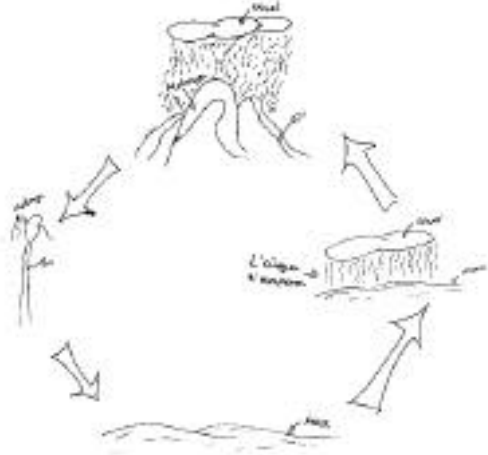
Diagrama sense cap signe d'agents causals	Diagrama on apareix representat algun agent causal (el sol)
	
Diagrama on apareixen representats algun agent causal i alguna indicació del seu efecte	Diagrama amb una clara disposició cíclica dels elements que el componen
	

Figura 6.17. Exemples de diagrames representatius de cada tipus d'item en l'anàlisi del raonament causal expressat a nivell visual.

Diagrama sense signes d'agents causals	_____	1
Diagrama amb signes d'agents causals	dibuix del sol _____	2
	dibuix del sol i els seus efectes _____	3
Diagrama amb disposició cíclica dels elements	_____	4
Diagrama no significatiu	_____	5
No diagrama	_____	6
Text descriptiu	_____	7
Text explicatiu	_____	8
Text no significatiu	_____	9
No text escrit	_____	10

Figura 6.18 Xarxa sistèmica per analitzar el diagrama sobre el cicle de l'aigua en relació amb els indicis de raonament causal.

■ 6.2.2 Identificació i caracterització dels models causals en el diagrama inicial

En la taula de la figura 6.19 es mostra la graella de resultats obtinguts.

La graella mostra clarament que els diagrames més freqüents que realitzen els alumnes (43,4%) són els que no incorporen cap signe de raonament causal. Un 20% dibuixen el sol i un 13,3% fan uns diagrames amb una clara disposició cíclica dels seus elements, indicant l'ordre en què es produeixen els processos que descriuen.

	MODE VISUAL	MODE LINGÜÍSTIC
--	--------------------	------------------------

alumne	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	tipus
1	x						x				1
2	x						x				1
3			x				x				3
4				x			x				1
5					x		x				1
6	x						x				1
7	x						x				1
8		x						x			3
9					x				x		0
10					x		x				1
11						x	x				1
12	x						x				1
13	x								x		0
14	x						x				1
15	x						x				1
16						x	x				1
17	x						x				1
18			x					x			3
19		x						x			3
20			x					x			3
21	x						x				1
22						x	x				1
23	x						x				1
24		x						x			3
25		x						x			3
26		x					x				3
27	x						x				1
28			x				x				3
29		x						x			3
30	x									x	0
n	13	6	4	1	3	3	20	7	2	1	
%	43,3	20	13,3	3,3	10	10	66,7	23,3	6,7	3,3	

Figura 6.19. Indicis de raonament causal en el diagrama inicial (n=30).

A nivell lingüístic, s'observa que els textos que acompanyen els diagrames són fonamentalment descriptius (66,7%); hi ha, però, un 23,3% dels alumnes que inclou en els seus textos algun tipus de raonament causa-efecte.

A partir de la taula s'han definit tres tipus de models tenint en compte la informació aportada a nivell lingüístic i a nivell visual. Així mateix, en la taula 6.19 es mostra l'assignació de cada diagrama a aquesta tipologia.

- **Tipus 1 o model descriptiu:** aquell en què no apareix ni gràficament ni en el text escrit cap relació causa-efecte.
- **Tipus 3 o model explicatiu:** aquell en què apareix o bé gràficament o bé en el text escrit, o bé en els dos modes comunicatius, algun indicatiu de raonament causal.
- **Tipus 0 o model no significatiu:** aquell que no representa ni gràficament ni amb el text escrit la situació requerida, és a dir, el cicle de l'aigua.

S'observa que hi ha una coincidència total entre fer un text mínimament explicatiu i representar el sol en el dibuix. Dels deu alumnes que dibuixen el sol, set estableixen una mínima relació causa - efecte, combinant la informació del text i la del gràfic. Dels altres tres alumnes (3, 26 i 28), dos (3 i 28) han dibuixat el sol, incorporant al seu dibuix elements que permeten interpretar l'efecte del sol en el cicle de l'aigua; és a dir, els alumnes expressen indicis de raonament causal ajudats tan sols pel seu diagrama, tal com es mostra en el diagrama de la figura 6.20. L'alumne 26 és l'únic de la mostra que ha dibuixat el sol i fa un text descriptiu.

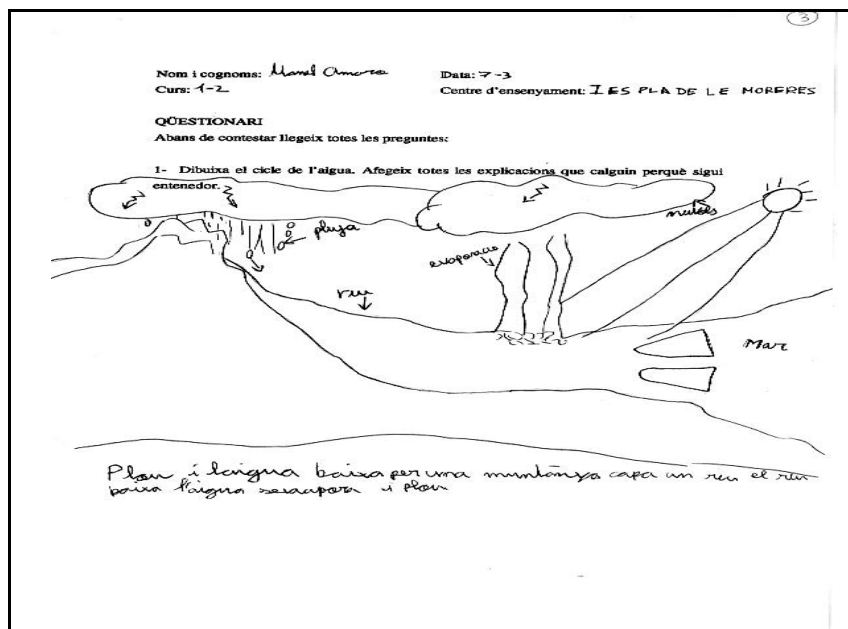


Figura 6.20. Diagrama que expressa indicis de raonament causal.

Capítol 6: Les representacions de l'alumnat sobre el cicle de l'aigua 451

L'únic agent causal que apareix en els textos escrits i en els dibuixos dels alumnes és el sol, normalment es fa referència a la calor del sol.

En la taula de la figura 6.21 s'exposen els textos escrits, classificats com a explicatius, que apareixen en el diagrama inicial:

Alumne	Text escrit	Visual
8	El agua con el calor del sol el agua se calienta y se está evaporando.	sol
18	L'aigua del mar s'ha evaporat pels raigs del sol.	sol i efecte
19	De l'aigua dels núvols surt la pluja, que cau a la muntanya, de la muntanya cau al riu, que se l'emporta fins al mar, i del mar el sol absorbeix l'aigua.	sol
20	Plou, aquesta aigua cau al riu, després el sol evapora una part d'aquesta aigua i llavors forma un núvol. Aquest núvol passa per un lloc fred, es condensa i torna a ploure, o neva o cau en forma de gel; això depèn del fred per on passi el núvol.	sol
24	Quan és estiu, la neu es desfà per la calor del sol i es formen els rius.	sol
25	Plou a conseqüència de l'aigua carregada a l'aire. Quan plou segons el fred i l'alçada pot caure en forma de neu, aigua o gel. El mar canvia d'aigua perquè a l'evaporar-se es buida i després el plena el riu. El núvol a causa del vent es transporta fins a les muntanyes on puja i si és fred neva i si és calor plou.	sol
29	L'aigua amb el sol s'evapora.	sol

Figura 6.21 Textos explicatius en el diagrama inicial.

La lectura dels textos elaborats pels alumnes permet observar una sèrie de característiques força generalitzades:

- No hi ha diferenciació entre el procés de l'evaporació de l'aigua i la formació dels núvols. Per a molts alumnes, l'aigua s'evapora i forma directament el núvol, de manera que no reconeixen cap més canvi d'estat, ni procés.
- Els núvols són considerats com un contenidor que ja existeix i són els núvols els que "xuclen", "filtren" i "evaporen" l'aigua. Segons aquestes descripcions, el vapor d'aigua o l'aigua no forma els núvols, sinó que aquesta està dins uns contenidors preexistents, els núvols.

Aquesta visió coincideix amb la descrita per Bar (1989) amb nens i nenes d'Israel de cinc a quinze anys. En el seu treball confirma les troballes de Piaget (1929) i identifica tres nivells en la comprensió d'alguns del processos relacionats amb el cicle de l'aigua, que es poden considerar paral·lels als tres estadis definits per Piaget. La comparació entre els estadis definits per Piaget (1929) i per Bar (1989) es mostra en la taula de la figura 6.22:

Estadis definits per Piaget (1929)	Estadis definits per Bar (1989)
Estadi I. Els núvols són creats per Déu. Els núvols i la pluja són fenòmens independents.	Nivell I (cinc a set anys). La percepció del cicle de l'aigua està dominada per creences culturals o primitives. Molts nens i nenes d'aquestes edats opinen que els núvols contenen bosses d'aigua que s'obren i formen la pluja. Malgrat parlar d'evaporació, ho consideren sinònim de desaparició de l'aigua. No conserven la quantitat d'aigua.
Estadi II. Els núvols estan fets de fum. Els núvols anuncien la pluja.	Nivell II (set a nou anys). La percepció del cicle de l'aigua és de natura pseudo-científica. La pluja és produïda pel sol que, en escalfar l'aigua del mar, forma núvols que llavors són sacsejats pel vent i produeixen la pluja. Hi ha conservació de l'aigua, però en estat líquid no hi ha canvi d'estat.
Estadi III. Els núvols estan fets d'aigua. A vegades els núvols estan fets d'aire o de calor que es converteix en aigua. La pluja prové dels núvols.	Nivell III (nou a quinze anys). Es té un esquema més organitzat del cicle (nou a deu anys). L'aigua s'evapora en un contenidor. El vapor d'aigua no forma els núvols sinó que està dins els núvols. L'aigua s'evapora i canvia d'estat. Està dispersa en l'aire, que no podem veure.

Figura 6.22. Estadis definits per Piaget (1930) i per Bar (1987) en relació a la percepció dels nens de cinc a quinze anys en relació amb la formació de la pluja i els núvols.

En les seves descripcions del cicle de l'aigua, els alumnes expressen algunes d'aquestes visions, on els núvols són protagonistes o agents d'una gran quantitat de processos, com es pot veure en els fragments que es mostren en la taula de la figura 6.23:

Alumne	Text	Dibuix
11	Els núvols baixen cap als llacs o estancs que hi ha dalt de les muntanyes i recullen l'aigua. Una vegada recollida l'aigua, es xoca amb un altre núvol i cau tota l'aigua que duia a dins.	Només text
14	L'aigua del mar s'evapora i es filtra als núvols. Els núvols filtren l'aigua del mar evaporada, després els núvols puguen fins a la muntanya i allà plou.	Cap signe d'agents causals
16	Els núvols evaporen l'aigua del mar es forma un conjunt d'aigua que s'ha evaporat, s'ajunta i comença a ploure.	Només text
27	Els núvols xuclen una mica d'aigua i quan el núvol està ple va a les muntanyes i plou...	Cap signe d'agents causals

Figura 6.23. Algunes de les descripcions “peculiaris” que es troben en els textos escrits del diagrama inicial.

■ 6.2.3 Identificació i caracterització dels models causals en el diagrama final

Per analitzar el diagrama final s'han utilitzat els mateixos criteris que per analitzar l'inicial. Els resultats obtinguts es mostren en la taula de la figura 6.24.

La graella de resultats mostra que, mentre que el 27,6% de l'alumnat fa un diagrama sense cap signe d'agents causals, el 48,3% de l'alumnat hi dibuixa el sol i el 13,8% mostra el sol i els seus efectes. Per tant, el 62,1% de l'alumnat fa un diagrama amb algun signe de causalitat. Els textos elaborats pels alumnes es distribueixen de manera força equitativa entre explicatius (48,3%) i descriptius (41,4%).

alumne	MODE VISUAL						MODE LINGÜÍSTIC				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	tipus
1	x									x	1
2				x				x			3
3	x							x			3
4		x					x				2
5	x						x				1
7		x						x			3
8		x						x			3
9		x					x				2
10			x				x				3
11	x						x				1
12	x						x				1
13		x					x				2
14	x						x				1
15	x								x		0
16		x					x				2
17			x					x			3
18		x						x			3
19				x			x				1
20		x						x			3
21		x						x			3
22		x					x				2
23	x						x				1
24			x					x			3
25		x						x			3
26		x						x			3
27				x				x			3
28		x						x			3
29			x							x	3
30		x						x			3
n	8	14	4	3	0	0	12	14	1	2	
%	27,6	48,3	13,8	10,3	0	0	41,4	48,3	3,4	6,9	

Figura 6.24 .Indicis de raonament causal, gràfics i en el text escrit, en el diagrama final (n= 29).

A partir de la taula s'han definit quatre tipus de models en relació amb els indicis de raonament causal. Tres d'aquests coincideixen amb els descrits en el qüestionari inicial.

- **Tipus 1 o model descriptiu:** aquell en què no apareix ni gràficament ni en el text escrit cap relació causa-efecte.
- **Tipus 2 o model descriptiu amb algun indicati causal:** aquell en què a nivell gràfic apareix el sol, malgrat que el text que l'acompanya

Capítol 6: Les representacions de l'alumnat sobre el cicle de l'aigua **455**

continua essent descriptiu. S'ha establert aquesta nova categoria perquè s'ha considerat que el fet de dibuixar el sol és un primer pas per el raonament causal.

- **Tipus 3 o model explicatiu:** aquell en què apareix o bé gràficament o bé en el text escrit, o bé en els dos modes comunicatius, algun indici de raonament causal.
- **Tipus 0 o diagrama no significatiu:** aquell que no representa ni gràficament ni amb el text escrit la situació requerida, és a dir, el cicle de l'aigua.

En la taula de la figura 6.25 es mostren els escrits explicatius que apareixen en el diagrama final.

Alumne	Text escrit	Visual
2	L'aigua quan està al mar i fa molta calor s'evapora i va als núvols.	disposició cíclica
7	Del mar surt vapor d'aigua per causa del sol i va cap als núvols. Després els núvols estan plens d'aigua i per això plou.	sol
8	Amb el calor del sol es produeix l'evaporació de l'aigua i es forma un altre núvol.	sol
17	Una vegada ha plogut l'aigua s'evapora quan li arriba el calor del sol, llavors puja al cel per formar un altre núvol. Una vegada format el núvol pot ploure, nevar, caure pedra, això depèn de la temperatura.	sol i efecte
18	El sol fa desglaciar-se la neu de les muntanyes...	sol
19 Del mar el sol evapora l'aigua.... I els núvols xuclen el vapor d'aigua.	sol
20	L'aigua del mar s'evapora, gràcies al sol, i es transforma en núvols.	sol
21	Quan la temperatura augmenta l'aigua dels mar s'evapora i puja cap als núvols...	sol
24	Quan el sol desfà la neu de les muntanyes.	Sol i efecte
25	L'aigua de mars, rius o estanys s'evapora amb el calor del sol.	Sol
26	L'aigua del mar s'evapora gràcies al sol i va a parar als núvols, aquests es carreguen d'aigua....	sol

27	L'aigua quan està al mar i fa molta calor s'evapora i va als núvols, els núvols van a les muntanyes i descarreguen l'aigua que han agafat del mar.	disposició cíclica
28	... cau en forma líquida al riu, allà el sol fa que aquesta s'evapori i pugi una altra vegada als núvols.	sol
30	Amb el sol l'aigua s'evapora i es fan els núvols.	sol

Figura 6.25. Textos explicatius en el diagrama final.

En els escrits dels alumnes continuen apareixent expressions que confirmen les dificultats que tenen per a la comprensió o l'expressió dels diferents processos que intervenen en el cicle de l'aigua. En la taula de la figura 6.26 es mostren alguns exemples.

Alumne	Text	Dibuix
4	...els núvols absorbeixen aquesta aigua ...	sol
11	El cicle de l'aigua comença quan els núvols baixen als llacs i agafen. Llavors quan estan plens.... deixen caure l'aigua als rius.	
23	Els núvols agafen aigua per evaporació, quan els núvols estan massa plens d'aigua...	

Figura 6.26. Algunes de les descripcions “peculiaris” que apareixen en el diagrama final.

■ 6.2.4 Evolució dels models en relació amb els components causals

La taula de la figura 6.27 mostra la classificació dels diagrama inicial i final de cada alumne en funció de la categoria visual i lingüística a la qual pertanyen.

L'únic agent causal al qual es fa referència, tant en el diagrama inicial com en el final, és el sol. En algun dels textos escrits es parla de la diferència de temperatura o de la calor com a causa d'algun dels processos. En cap dels diagrames, ni en cap dels escrits, es fa esment explícit de la gravetat, encara que alguns alumnes, en explicar la pluja, hi fan alguna referència: “La pluja es produeix quan els núvols estan massa plens o quan ja no poden aguantar més...”.

		Diagrama inicial (alumne)	Total	%	Diagrama final (alumne)	Total	%
VISUAL	Cap signe causal	1, 2, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 17, 21, 23, 27, 30	13	43,4	1, 3, 5, 11, 12, 14, 15, 23	8	27,6
	Sol	8, 19, 24, 25, 26, 29	6	20	4, 7, 8, 9, 13, 16, 18, 20, 21, 22, 25, 26, 28, 30	14	48,3
	Sol i efectes	3, 18, 20, 28	4	13,3	10, 17, 24, 29	4	13,8
	Disposició cíclica	4	1	3,3	2, 19, 27	3	10,3
	No dibuix	11, 16, 22	3	10		0	
	Dibuix no significatiu	5, 9, 10	3	10		0	
	Total		30	100		29	100
		Diagrama inicial (alumne)	Total	%	Diagrama final (alumne)	Total	%
TEXT ESCRIT	Text escrit descriptiu	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 26, 27, 28	20	66,7	4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 19, 22, 23	12	41,4
	Text escrit explicatiu	8, 18, 19, 20, 24, 25, 29	7	23,3	2, 3, 7, 8, 17, 18, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 30	14	48,3
	Text no significatiu	9, 13	2	6,6	15	1	3,4
	No text escrit	30	1	3,3	1, 29	2	6,9
	total		30	100		29	100%

Figura 6.27. Correspondència de cada diagrama amb la seva categoria de la xarxa sistèmica.

La gravetat com a agent causal d'alguns dels processos relacionats amb la circulació de l'aigua en la natura no ha resultat una idea que els alumnes hagin incorporat en el seu model de cicle de l'aigua. En relació amb la gravetat, (Bar i Goldmuenz, 1987), troben que només els alumnes

de més d'onze anys consideren que l'aire, el vapor d'aigua, la pols i les petites gotes d'aigua pesen.

La taula de la figura 6.28 presenta una informació més específica i indica a quina tipologia de model en relació amb els indicis de raonament causal pertany cada diagrama inicial i final. La taula recull les dades corresponents als vint-i-nou alumnes dels quals es tenen els diagrames inicial i final, per aquest motiu no apareix l'alumna 6.

	Diagrama inicial	Total	%	Diagrama final	Total	%
Tipus 0: diagrama no significatiu	9, 13, 30	3	10,4	15	3	10,4
Tipus 1: model descriptiu	1, 2, 4, 5, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 27	16	55,2	1, 5, 11, 12, 14, 19, 23	7	17,2
Tipus 2: model descriptiu amb algun indicati de raonament causal		0	0	4, 9, 13, 16, 22	5	17,2
Tipus 3: model explicatiu	3, 8, 18, 19, 20, 24, 25, 26, 28, 29	10	34,5	2, 3, 7, 8, 10, 17, 18, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30	16	55,2
Total		29			29	

Figura 6.28. Taula comparativa entre els tipus de models causals trobats en els diagrama inicial i final (n=9).

A partir de la informació aportada per la taula de la figura 6.28 s'observa que en el diagrama final hi ha més alumnes que expressen un model explicatiu (55,2%) que en el diagrama inicial (34,5%).

Observant l'evolució de cada alumne es constata que pel que fa al raonament causal, els alumnes mostren una major estabilitat en les seves representacions. En vermell s'han destacat els quinze alumnes (51,7%) que es troben en aquesta situació, els quals fan representacions que corresponen a la mateixa tipologia en els diagrames inicial i final. Sis alumnes (20,7%) continuen fent diagrames sense cap indicati de raonament causal (tipus 1), mentre que nou dels deu alumnes que corresponien a la tipologia explicativa (tipus 3) en el DI continuen en la mateixa categoria en el DF.

Hi ha dos alumnes (6,9%), destacats en color verd, que evolucionen d'un model descriptiu o explicatiu a un tipus de representació no significativa. L'alumne 15, que en el diagrama inicial expressava un model descriptiu, en el final fa una representació molt més complexa però que es classifica com a no significativa perquè és una representació molt peculiar del cicle de l'aigua (figura 6.31).

Els dotze alumnes restants (41,4%) mostren una evolució positiva, ja que passen d'un model descriptiu o no significatiu a models amb algun índex de raonament causal o a models explicatius. La gràfica de la figura 6.29 mostra l'evolució de cada alumne comparant els models corresponents al diagrama inicial i final.

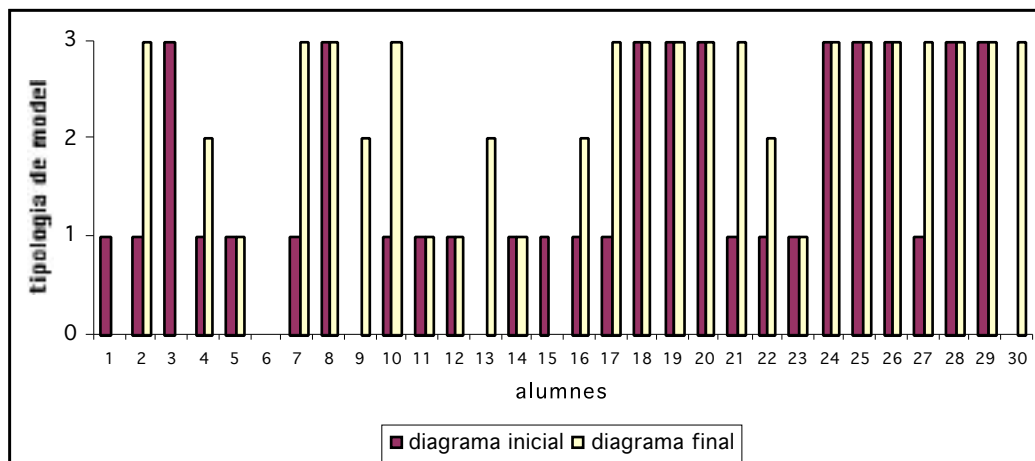


Figura 6.29. Evolució individual de les tipologies dels models causals del cicle de l'aigua (n=29). El model tipus 0 coincideix amb l'eix d'abscisses.

Es pot considerar, com a resultat de l'anàlisi, que el coneixement sobre el cicle de l'aigua està influenciat positivament i de manera important per l'escolarització, però que persisteixen una sèrie d'idees que l'alumne té i que, com que no es treballen obertament, es mantenen almenys després d'un any. Concretament, la idea tan estesa entre l'alumnat d'aquesta edat de considerar els núvols com a contenidors d'aigua.

Aquests resultats coincideixen amb els del treball de Taiwo et al. (1999). En la seva recerca, aquests examinen quina és la percepció que sobre el cicle de l'aigua i els fenòmens de formació de la pluja tenen els alumnes de primària (nou a catorze anys) de Botswana. Obtenen les dades a partir d'un qüestionari i una entrevista. Agrupen les explicacions dels alumnes segons si fan referència a elements culturals o si són pseudocientífiques o científiques. De l'anàlisi de les dades dedueixen que la percepció del

cicle de l'aigua està influenciada positivament per l'escolarització, però que hi ha un grup d'idees persistents al llarg dels anys. Algunes d'aquestes idees estan recollides en la taula de la figura 6.30.

Una altra observació en relació amb els diagrames finals és que alguns alumnes realitzen uns diagrames finals molt expressius i representen un cicle de l'aigua poc convencional. Dos exemples d'aquests tipus de diagrames es mostren a la figura 6.31 (alumnes 15, 16). Una possible interpretació d'aquest fet és que com en general el mode visual és menys avaluat pel professorat, alguns alumnes es poden sentir més lliures a l'hora d'expressar la representació que fan d'un determinat fenomen.

Ja s'ha comentat amb anterioritat la capacitat i potencialitat del text escrit per evocar categories o entitats abstractes com poden ser l'energia del sol, la calor, la temperatura, i per construir seqüències lògiques d'esdeveniments. En els diagrames realitzats pels alumnes aquestes capacitats queden en alguns casos menystingudes, perquè aquest tipus d'informació es comunica a nivell gràfic.

Els i les alumnes expressen la successió temporal d'esdeveniments que configuren el cicle de l'aigua a nivell escrit i a nivell gràfic (si fan una clara disposició cíclica). En aquest aspecte, seria interessant utilitzar la potencialitat del llenguatge visual de mostrar processos de manera simultània per facilitar la comunicació que, en realitat, tots els processos que intervenen en el cicle de l'aigua es donen en un determinat ordre, però tots alhora.

<p>Afirmacions que contenen elements culturals en relació amb:</p>	<p>Explicacions que s'aproximen a un coneixement pseudocientífic en relació amb:</p>
<p>Formació de núvols</p> <p>Els núvols vénen del cel. Els núvols estan fets pels déus. Els núvols estan fets de fum. Els núvols vénen del fum de cremar branques d'arbres. Quan el fum del foc puja, es refreda, s'ajunta i forma núvols. El fum negre que puja a l'aire forma els núvols.</p>	<p>Formació de núvols</p> <p>Els núvols estan formats per l'aigua que hi ha a l'aire. Els núvols són paquets d'aigua arrossegats pel vent. El vapor d'aigua es transforma en gel per formar els núvols. El sol escalfa l'aigua de la presa i forma els núvols. Els núvols estan formats per aigua arrossegada a l'atmosfera pel vent. Els núvols estan formats per gotes d'aigua produïdes pel sol. Quan l'aigua puja per l'atmosfera es converteix en núvols de gel. La calor del sol produeix els núvols.</p>
<p>Origen de la pluja</p> <p>Els núvols xoquen quan els déus els ordenen que plogui. Plou perquè algú ha xiulat cinc vegades. Plou perquè als núvols carregats d'aigua es fan uns forats i cau la pluja. Els núvols van a buscar aigua als rius per formar la pluja. Els núvols normalment van al mar a agafar aigua i quan estan plens es fan negres i plou. Els núvols es mouen pel cel i s'obren per formar la pluja. Quan els núvols xoquen, es fan esquerdes i deixen caure la pluja. Quan els núvols xoquen l'impacte de la col·lisió causa la pluja La pluja és causada per la col·lisió dels núvols. Quan els núvols negres xoquen es forma la pluja.</p>	<p>Origen de la pluja</p> <p>El moviment dels núvols provoca la pluja. Quan els núvols es fan pesats i negres es converteixen en pluja. Quan els núvols de gel es barregen, ells cauen en forma de pluja. La calor del sol fa que els núvols de gel es fonguin i caiguin en forma de pluja. Plou quan els núvols es fonen. Quan els núvols es refreden, es converteixen en gel i quan el gel es fa més pesant plou. Plou quan els núvols són escalfats per la calor del sol.</p>

Figura 6.30 Algunes de les explicacions sobre el mecanisme de formació dels núvols i la pluja d'alumnes de Primària de Botswana (Taiwo *et al.*, 1999)

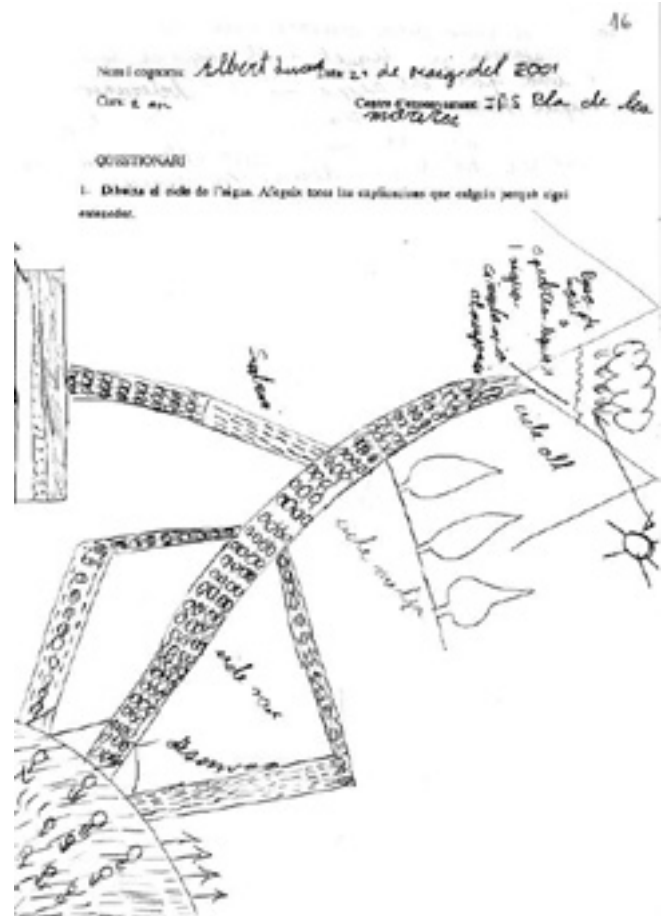
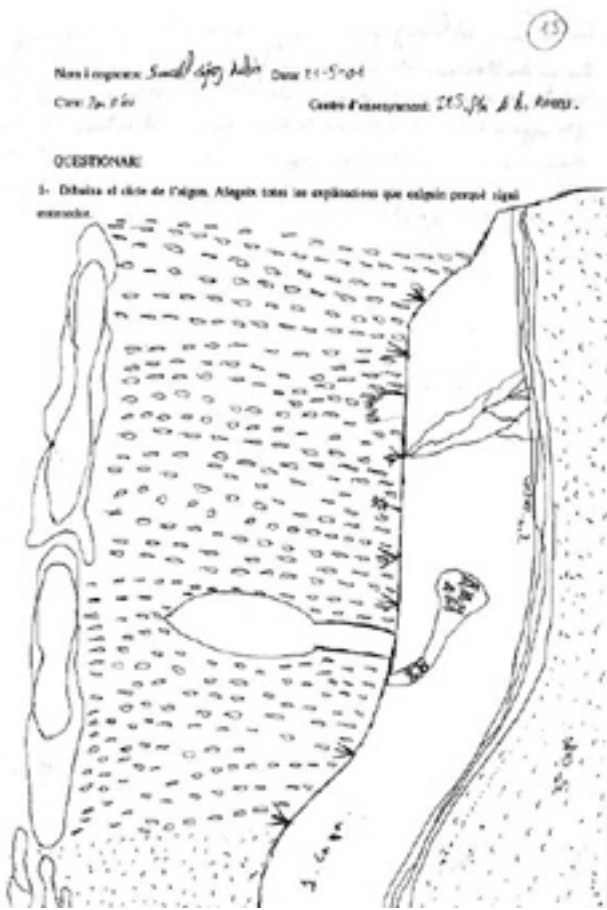


Figura 6.31. Exemple d'algunes representacions “poc convencionals” del cicle de l'aigua corresponents als alumnes 15 i 16.

6.3 Identificació, caracterització i comparació dels usos de les fletxes en els diagrames del cicle de l'aigua

Les fletxes, segons Kress i Van Leeuwen (1996), són un recurs gràfic per representar un procés en un diagrama narratiu, i en aquesta seqüència didàctica s'ha insistit en el seu ús com a signe de canvi. També és l'ús més freqüent en els diagrames del cicle de l'aigua en els llibres de text. Ara bé, l'ús i el significat de les fletxes per part dels alumnes és molt variat, cosa que confirma el seu caràcter multisemàntic, ja que s'utilitza un mateix codi per representar fets fenòmens molt diferents.

■ 6.3.1 Elaboració d'una xarxa sistèmica

Per analitzar l'ús i el significat de les fletxes que utilitzen els alumnes s'ha fet una xarxa sistèmica (figura 6.32); els seus ítems procedeixen de l'observació dels diagrames dels alumnes.

Els alumnes utilitzen les fletxes per:

- Representar un canvi de lloc o d'estat de l'aigua. Aquests canvis es poden produir dins el mateix magatzem o d'un magatzem a un altre.
- Representar variacions en la quantitat o en la freqüència dels processos representats. Ho aconsegueixen fent variacions en les formes, disposicions i gruixos de les fletxes, o posant diverses fletxes paral·leles.
- Organitzar la seqüència dels esdeveniments que estan representant. Amb les fletxes uneixen els diferents estadis o moments de la representació i configuren així una història lògica i ordenada.
- Assenyalar un lloc o un procés representat de manera naturalista i associar-li el nom corresponent. Aquest ús de la fletxa, l'hem anomenat d'*etiqueta* (Jiménez, 1998).
- Representar l'energia del sol.

Un exemple o diagrama de cadascun dels ítems de la xarxa sistèmica es mostra en la taula de la figura 6.33.

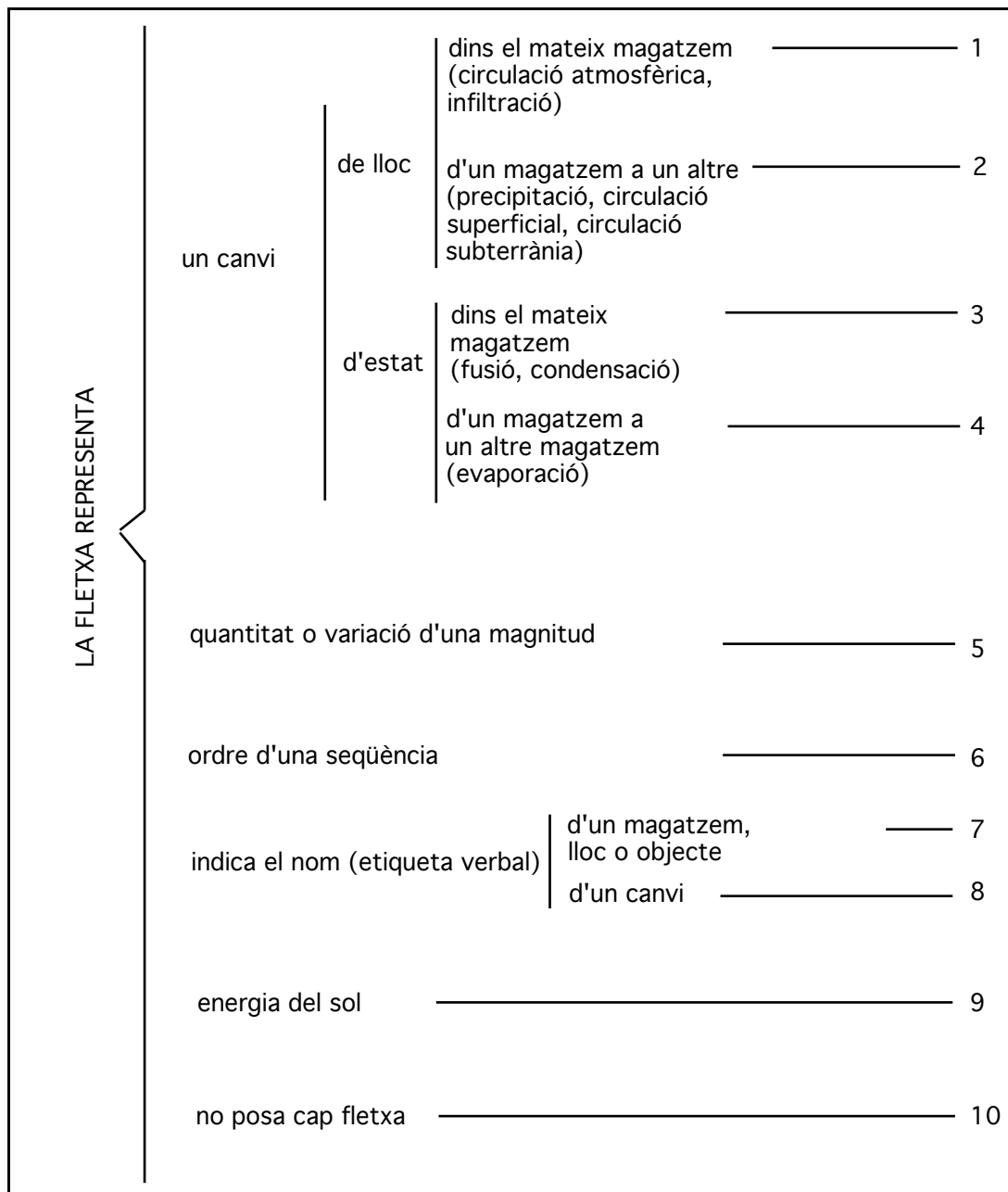


Figura 6.32. Xarxa sistèmica per analitzar l'ús i el significat de les fletxes.



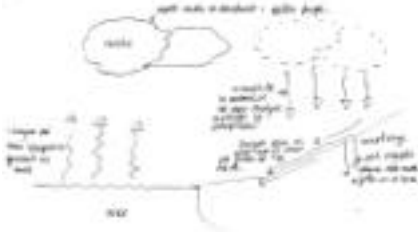
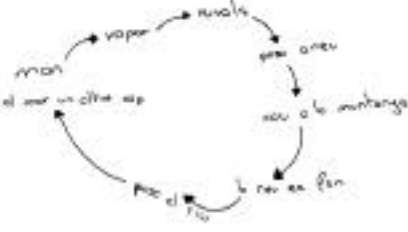

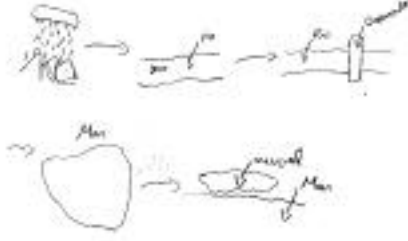

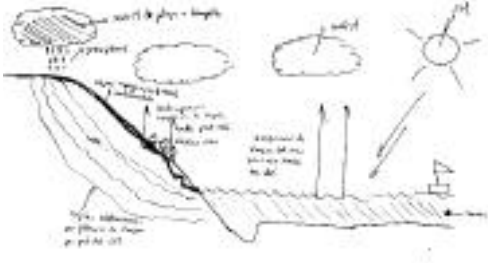
	
<p>La fletxa representa un canvi de lloc de l'aigua</p>	<p>La fletxa representa un canvi d'estat de l'aigua</p>
	
<p>La fletxa representa una quantitat o les variacions d'una magnitud</p>	<p>La fletxa representa l'ordre d'una seqüència</p>
	
<p>La fletxa representa l'ordre d'una seqüència</p>	<p>La fletxa indica el nom d'un magatzem, lloc o objecte</p>
	
<p>La fletxa indica el nom d'un canvi</p>	<p>La fletxa representa l'energia del sol</p>

Figura 6.33 Exemple de cadascun dels ítems de la xarxa sistèmica per analitzar l'ús i el significat de les fletxes.

■ 6.3.2 Identificació i caracterització dels usos de les fletxes en el diagrama inicial (DI)

La graella de resultats obtinguts en el diagrama inicial es mostra en la taula de la figura 6.34:

alumne	1. canvi de loc		2. canvi d'estat		3. quantitat	4. ordre	5. etiqueta		6. energia	7. no fletxes	tipus
	1a	1b	2a	2b			5a	5b			
1						x	x				2
2						x	x				2
3		x		x			x	x	x		3
4						x					2
5											0
6							x				1
7		x		x		x	x				4
8		x		x				x			3
9											0
10											0
11											0
12							x				1
13										x	1
14	x						x	x			4
15							x				1
16											0
17										x	1
18		x		x					x		3
19		x		x							4
20						x					2
21	x	x		x							4
22											0
23		x		x			x				3
24										x	1
25		x		x			x	x			4
26	x	x		x			x				3
27	x	x		x						x	3
28				x			x				3
29						x	x				2
30						x	x				2
total	4	10	0	11	0	7	14	4	2	4	
%	13,3	33,3	0	36,6	0	23,3	46,6	13,3	6,7	13,3	

Figura 6.34. Graella de resultats. Ús i significat de les fletxes en el diagrama inicial (n = 30).

En el diagrama inicial el 33,3% dels alumnes utilitza les fletxes per indicar canvis de lloc de l'aigua que comporten canvis de magatzem, com per exemple la precipitació, i el 13,3% les utilitza per assenyalar canvis de lloc dins un mateix magatzem, per exemple la circulació atmosfèrica. Un 36,6% les utilitza per indicar canvis d'estat que comporten canvis de magatzem, com l'evaporació, però cap alumne les utilitza per indicar la condensació o la fusió (canvis d'estat dins el mateix magatzem). En el diagrama inicial els alumnes no fan variacions en el grafisme de les fletxes per indicar variacions en les quantitats de la magnitud que representa la fletxa. Les fletxes com a indicadores de l'ordre o la seqüència dels esdeveniments representats són usades pel 23,3% dels alumnes. Un 46,6% dels alumnes usen les fletxes com a etiquetes d'un lloc i un 13,3% com a etiquetes d'un canvi. La fletxa com a indicadora d'energia només és usada per tres dels trenta alumnes de la mostra.

L'anàlisi dels resultats de la xarxa sistèmica ha permès arribar a definir uns models o tipus de diagrames en relació amb l'ús i el significat de les fletxes. La correspondència del diagrama realitzat per cada alumne i la seva tipologia es mostra en la graella de resultats de la figura 6.34.

- **Tipus 1 o diagrames conceptuals:** aquells en què no apareix cap fletxa o en què les que s'utilitzen són etiquetes que tenen la funció d'anomenar l'entitat. En aquests diagrames no apareixen trets de direccionalitat o vectors que relacionin les entitats representades.
- **Tipus 2 o diagrames historieta:** aquells que es basen en una representació en vinyetes i en què les fletxes són usades per unir els diferents moments de la seqüència representada. La fletxa es podria substituir pels verbs *passar* o *anar* ("l'aigua **passa**" o "l'aigua **va**").

Diagrames narratius: aquells que mostren clarament signes de direccionalitat. La marca visual d'una representació narrativa és la presència d'un vector (Kress, Van Leeuwen, 1996). Aquests vectors poden estar representats per fletxes (una fletxa que representa un determinat procés o canvi) o mitjançant el dibuix naturalista de determinats fenòmens que mostren clarament la direccionalitat de la representació, per exemple el dibuix de la pluja, de l'aigua dels rius baixant de la muntanya cap al mar. Aquesta diferent manera de representar els processos ha portat a definir dos tipus de diagrames narratius.

- **Tipus 3 o diagrames narratius naturalistes.** En aquests diagrames els processos solen estar representats de manera naturalista (la pluja, la neu, el vapor sortint del mar...) i les fletxes es poden utilitzar com a etiquetes d'aquests. Les fletxes usades com a etiqueta d'un procés

són importants a nivell explicatiu perquè indiquen que el procés hi és representat d'una manera més o menys formal.

- **Tipus 4 o diagrames narratius amb fletxes:** aquells en què les fletxes són usades com a signe de canvi. En aquests dibuixos les fletxes tenen un origen i un final ben definit i són usades per representar el canvi que es dona entre un estat o una localització inicial de l'aigua i una localització o un estat final.

La figura 6.35 és una taula resum de la freqüència amb què apareix cada tipus de diagrama en la mostra analitzada. De les dades de la taula destaca el fet que en els diagrames previs al procés d'ensenyament-aprenentatge només el 16,7% dels alumnes usa les fletxes com a signe de canvi.

	Tipus de diagrama	Alumnes	Freqüència	Percentatge
Tipus 1	Diagrames conceptuals	6, 12, 13, 15, 17, 24	6	20%
Tipus 2	Diagrames historieta	1, 2, 4, 20, 29, 30	6	20%
Tipus 3	Diagrames narratius naturalistes	3, 8, 18, 23, 26, 27, 28	7	23,3%
Tipus 4	Diagrames narratius amb fletxa com a signe de canvi	7, 14, 19, 21, 25	5	16,7%
Tipus 0	No representen	5, 9, 10, 11, 16, 22	6	20%

Figura 6.35. Diagrama inicial. Tipus de diagrama en relació amb l'ús de les fletxes (n = 30).

■ 6.3.3 Identificació i caracterització dels usos de les fletxes en el diagrama fet durant l'activitat d'ensenyament-aprenentatge

Els diagrames realitzats durant l'activitat d'ensenyament-aprenentatge s'han analitzat utilitzant la mateixa xarxa sistèmica (figura 6.31). Els resultats obtinguts i la correspondència de cada diagrama amb la seva tipologia es mostren en la graella de resultats de la figura 6.36.

alumne	1. carvi de lloc		2. carvi d'estat		3. quantitat	4. ordre	5. etiqueta		6. energia	7. no fletxes	tipus
	1a	1b	2a	2b			5a	5b			
1										x	1
2	x	x	x	x							4
3	x	x	x	x			x				4
4	x	x	x	x							4
5	x	x	x	x			x				4
7	x	x	x	x		x					4
8						x					2
9					x		x	x			1
10	x	x	x	x		x					4
11	x	x	x	x							4
12										x	1
14	x	x	x	x			x	x			4
17	x	x	x	x							4
18	x	x	x			x					4
19						x					2
20	x	x	x	x							4
21	x	x	x	x			x				4
22		x		x			x				4
23	x	x	x	x	x	x					4
25	x	x	x	x			x				4
26	x	x	x	x		x	x				4
27	x	x	x	x							4
28	x	x	x	x			x				4
29	x	x		x							4
30	x	x	x	x							4
total	19	20	18	19	2	7	9	2	0	2	
%	76	80	72	76	8	28	36	8	0	2	

Figura 6.36. Graella de resultats. Ús de les fletxes en el diagrama fet durant l'activitat d'ensenyament-aprenentatge (n = 25).

La taula de la figura 6.36 mostra que l'ús de les fletxes com indicadors de canvis de lloc i d'estat de l'aigua és molt freqüent entre l'alumnat en el DA. Vint dels vint-i-cinc alumnes de la mostra l'usen bé per indicar canvis de lloc, bé per indicar canvis d'estat de l'aigua, o en els dos casos. Dos alumnes fan variacions en el grafisme de les fletxes per indicar

variacions en les quantitats de la magnitud que representen. Un 28% usa les fletxes per indicar l'ordre de la seqüència dels esdeveniments que representen. Nou alumnes usen les fletxes com a etiquetes de llocs que apareixen en el seu diagrama i dos com a etiqueta de processos. Cap alumne usa les fletxes per indicar l'energia del sol.

En els diagrames fets durant l'activitat d'ensenyament-aprenentatge no ha calgut fer cap diferenciació entre els tipus de diagrames narratius, ja que tots els diagrames que mostren signes de transitivitat ho fan utilitzant les fletxes com a indicadores de canvis. Així, tots corresponen al tipus 4. Una taula amb la freqüència absoluta i el percentatge de cada tipus de diagrama es mostra en la figura 6.37. S'observa un ús majoritari de la fletxa com a indicadora de canvi,; vint dels vint-i-cinc alumnes la utilitzen en alguna situació per representar un canvi, però, malgrat això, es detecten algunes dificultats. Hi ha alguns alumnes que fan fletxes amb dues puntes, de tal manera que no queda clar el sentit del canvi; altres marquen el sentit del canvi de manera incorrecta o fan dues fletxes paral·leles i en sentit contrari per indicar cada canvi, o, en alguns casos, fan línies sense posar l'extrem de la fletxa que indica el sentit.

	Tipus de diagrama	Alumnes	Freqüència	Percentatge
Tipus 1	Diagrames conceptuals	1, 9, 12	3	12%
Tipus 2	Diagrames historietas	8, 19	2	8%
Tipus 4	Diagrames narratius amb fletxa com a signe de canvi	2, 3, 4, 5, 7, 10, 11, 14, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30	20	80%

Figura 6.37. Diagrama d'aula. Tipus de diagrama, en relació amb l'ús i el significat de les fletxes (n=25).

■ 6.3.4 Identificació i caracterització dels usos de les fletxes en el diagrama final (DF)

Finalment, s'ha analitzat el diagrama final utilitzant la mateixa xarxa sistèmica que per al diagrama inicial i per al diagrama realitzat durant l'activitat d'ensenyament-aprenentatge. Els resultats de l'anàlisi i la tipologia associada a cada diagrama es mostren en la graella de resultats de la figura 6.38.

alumne	1. carvi de lloc		2. carvi d'estat		3. quantitat	4. ordre	5. etiqueta		6. energia	7. no fletxes	tipus
	1a	1b	2a	2b			5a	5b			
1							x	x			1
2		x		x		x	x	x			3
3		x		x			x	x			3
4					x	x	x				2
5		x		x			x				4
7	x			x			x				3
8		x		x			x	x			3
9							x				1
10		x		x					x		4
11	x						x				3
12							x			x	1
13		x		x							4
14	x	x		x							4
15										x	1
16		x		x							3
17	x	x	x	x							4
18							x				1
19	x	x	x	x							4
20	x	x	x	x							4
21	x			x			x				3
22		x		x			x	x			3
23	x			x							3
24						x	x				2
25			x	x							4
26		x	x	x			x	x			4
27				x		x					2
28	x	x		x							4
29						x	x				2
30		x		x			x				3
total	9	15	12	20	1	5	17	6	1	2	
%	31	51,7	41,4	69	3,4	17,2	58,6	20,7	3,4	6,8	

Figura 6.38. Graella de resultats. Ús i significat de les fletxes en el diagrama final (n = 29).

La graella de resultats del diagrama final mostra que dinou dels vint-i-nou alumnes usen les fletxes com a indicadores de canvis de lloc de l'aigua. La representació de canvis de lloc de l'aigua que comporten canvis de magatzem és la més freqüent essent més freqüent (51,7%). vint alumnes usen les fletxes per indicar canvis d'estat de l'aigua; només un alumne les usa per indicar variacions en les quantitats d'una magnitud; cinc les usen per indicar seqüència i ordre; disset les usen com a etiqueta i només un les usa per indicar l'energia del sol.

La taula de la figura 6.39 mostra que un 17,2% d'alumnes fa una representació del cicle de l'aigua conceptual, és a dir, mostra un escenari o alguns dels elements que el componen però no indica gràficament cap signe de transitivitat entre aquests. Quatre alumnes fan una representació del cicle de l'aigua tipus historieta, presentant la realitat en fragments o vinyetes i en el qual les fletxes serveixen per indicar l'ordre d'aquelles. Un 69% dels alumnes fa diagrames narratius i en els seus dibuixos mostra explícitament algunes de les relacions que s'estableixen entre les entitats que representa. Aquests vint alumnes es reparteixen equitativament en dos grups: aquells que representen els processos de manera naturalista (34,5%) i aquells que opten per usar la fletxa com a indicadora dels canvis (34,5%).

	Tipus de diagrama	Alumnes	Freqüència	Percentatge
Tipus 1	Diagrama conceptual	1, 9, 12, 15, 18	5	17,2%
Tipus 2	Diagrama historieta	4, 24, 27, 29	4	13,8%
Tipus 3	Diagrama narratiu naturalista	2, 3, 7, 8, 11, 16, 21, 22, 23, 30	10	34,5%
Tipus 4	Diagrama narratiu amb fletxa com a signe de canvi	5, 10, 13, 14, 17, 19, 20, 25, 26, 28	10	34,5%
Tipus 0	No representa		0	0%

Figura 6.39. Diagrama final. Tipus de diagrama en relació amb l'ús i el significat de les fletxes.

■ 6.3.5 Comparació entre el diagrama inicial (DI), el diagrama realitzat durant el procés d'ensenyament-aprenentatge (DA) i el diagrama final (DF) en relació amb l'ús i el significat de les fletxes

La taula de la figura 6.40 recull la classificació dels diferents diagrames (DI, DA, DF) en relació amb l'ús de les fletxes.

Tipus de model	Diagrama inicial (n = 30)		Diagrama d'aula (n = 25)		Diagrama final (n = 29)	
	Freqüència absoluta	%	Freqüència absoluta	%	Freqüència absoluta	%
Tipus 1: diagrama conceptual	6	20	3	12	5	17,2
Tipus 2: diagrama historieta	6	20	2	8	4	13,8
Tipus 3: diagrama narratiu naturalista	7	23,3	0	0	10	34,5
Tipus 4: diagrama narratiu amb fletxa com a signe de canvi	5	16,7	20	80	10	34,5
Tipus 0: diagrama no significatiu	6	20	0	0	0	0

Figura 6.40. Relació dels tipus de diagrames fets per l'alumnat en els tres moments analitzats.

La taula mostra que en el diagrama final un 17,2% d'alumnes, els corresponents al diagrama conceptual, no necessiten les fletxes per fer la seva representació del cicle de l'aigua. Hi ha un altre grup d'alumnes que no necessiten les fletxes en els seus diagrames del cicle de l'aigua; són els que, malgrat fer un diagrama narratiu representen tots els canvis de l'aigua de manera naturalista (34,5%).

Hi ha quatre alumnes que fan un diagrama historieta (13,8%) i usen les fletxes de manera diferent a com s'ha treballat a la classe.

Finalment, hi ha deu alumnes que, en el seu diagrama final, usen les fletxes com a indicadores dels canvis en la seva representació del cicle de l'aigua. Comparant l'ús de la fletxa com a indicadora de canvi en el diagrama inicial i en el final, la taula 6.38 mostra un canvi important: es passa del 16,7% en el DI al 34,5% en el DF.

Finalment, per mostrar l'evolució de cada alumne ens fixarem en la informació de la taula de la figura 6.41.

En vermell es destaquen els alumnes que mantenen el mateix ús de les fletxes en els diagrames inicial i final. Són deu alumnes (34,5%): dos continuen fent un diagrama conceptual, és a dir, no usen les fletxes en la seva representació; dos mantenen un tipus de diagrama historieta, tres

fan diagrames narratius naturalistes en el DI i en el DF i 3 fan un diagrama narratiu amb fletxes com a signes de canvi.

La resta, dinou alumnes, varien els seus tipus de diagrames quant a l'ús de les fletxes. Es destaquen en verd aquells dos alumnes que en el diagrama inicial usaven les fletxes com a signe de canvi i en el final deixen d'usar-les amb aquest significat. En blau es marquen els set alumnes (24,1%) que en el diagrama inicial no usaven la fletxa com a indicadora de canvi i que sí que en fan aquest ús en el diagrama final. Es considera que són els alumnes que s'han apropiat d'aquest significat, almenys en el context de representació del cicle de l'aigua.

	Diagrama inicial (n=29)	Total	%	Diagrama final (n=29)	Total	%
Tipus 0: diagrama no significatiu	5, 9, 10, 11, 16, 22	6	20,7		0	0
Tipus 1: diagrama conceptual	12, 13, 15, 17, 24	5	17,2	1, 9, 12, 15, 18	5	17,2
Tipus 2: diagrama historieta	1, 2, 4, 20, 29, 30	6	20,7	4, 24, 27, 29	4	13,8
Tipus 3: diagrama narratiu "naturalista"	3, 8, 18, 23, 26, 27, 28	7	24,1	2, 3, 7, 8, 11, 16, 21, 22, 23, 30	10	34,5
Tipus 4: diagrama Narratiu amb fletxa com a signe de canvi	7, 14, 19, 21, 25	5	17,2	5, 10, 13, 14, 17, 19, 20, 25, 26, 28	10	34,5
Total		29	100		29	100

Figura 6.4. Taula comparativa entre els tipus de models en relació amb l'ús de les fletxes en els diagrames inicial i final (n = 29).

La gràfica de la figura 6.42 presenta el model corresponent a l'ús i el significat de les fletxes expressat per cada alumne en el seu diagrama inicial i final.

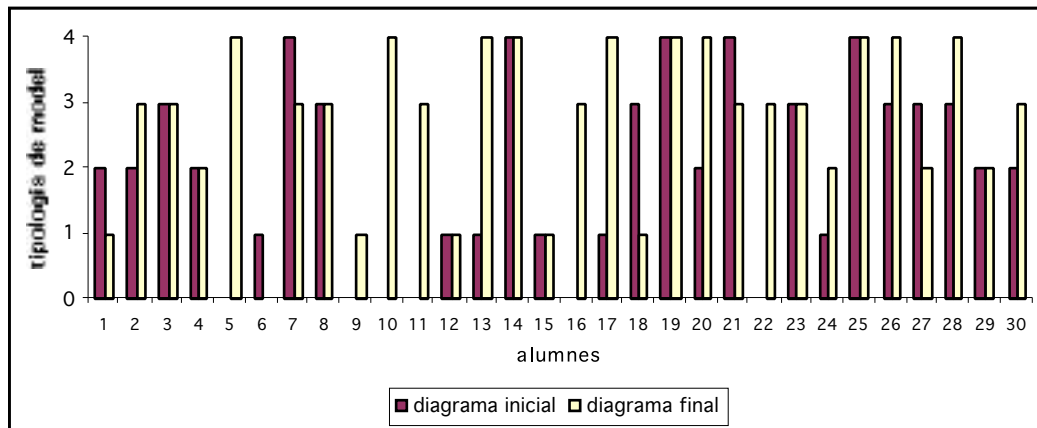


Figura 6.42 Evolució individual en l'ús de les fletxes en els diagrames del cicle de l'aigua (n=29).

Aquests resultats reforcen la importància de comunicar i treballar amb l'alumnat els usos i significats de les fletxes a les classes de ciències. Considerant que els signes no tenen un significat per decret sinó que tenen un significat potencial (Halliday, 1978) i que aquest ha de ser construït individualment a la ment de cada alumne és clara la conveniència de que l'alumnat aprengui a llegir el significat *esperat*, per part del professorat i la comunitat, d'aquest determinat signe. Així els i les alumnes el podran utilitzar de manera comprensible per comunicar els seus significats.

■ 6.3.6 Comparació de l'ús de les fletxes en els llibres de text i en les representacions de l'alumnat

En disposar usos i significats de les fletxes en els diagrames del cicle de l'aigua en els llibres de text i en els diagrames que fan els alumnes es poden fer comparacions i detectar diferències i similituds. La taula de la figura 6.43 presenta la informació relativa a aquest aspecte.

L'ús més freqüent de les fletxes en els llibres de text (85,7%) i en els diagrames finals de l'alumnat (69%) és per representar els canvis d'estat de l'aigua. La representació dels canvis de lloc, sobretot la precipitació i la circulació, es fa de manera intermèdia entre una representació naturalista i amb fletxes, d'aquí el descens en el percentatge.

La fletxa com indicadora de l'ordre de la seqüència dels esdeveniments és usada en tres llibres, dos d'ells de Primària. Per 7 alumnes en el diagrama inicial i per 5 en el final.

La fletxa representa	Llibre de text (n=14)		Diagrama inicial (n=30)		Diagrama final (n=29)	
		%		%		%
Un canvi de lloc de l'aigua	9	64,3	11	36,7	15	51,7
Un canvi d'estat	12	85,7	11	36,7	20	69
Ordre de la seqüència	3	21,4	7	23,3	5	17,2
Etiqueta verbal	0	0	14	46,7	17	58,6
Energia del sol	2	14,2	2	6,7	1	3,4

Figura 6.43 Ús i significat de les fletxes en els llibres de text i en els diagrames inicials i finals de l'alumnat en relació al cicle de l'aigua.

En els llibres de text en cap cas s'ha trobat un ús de les fletxes com "etiqueta verbal", en canvi, és un ús molt comú entre l'alumnat. La taula mostra com, en el diagrama inicial, és aquest l'ús més freqüent (46,7%) i que aquest percentatge augmenta en el diagrama final. Aquest ús no sorprèn tant quant siguin etiquetes de llocs o magatzems, donat que aquest sí és un ús freqüent, tant pels professors com en els llibres de text, en altres temes del currículum, pensem per exemple en la representació d'una cèl.lula amb el seus diferents òrgans. Amb les fletxes es va senyalant cada part i posant-hi el nom. En els casos dels processos, que es donen en el cicle de l'aigua, és més sorprenent donat que els alumnes representen un canvi o procés, per exemple vapor sortint del mar o gotes d'aigua caient dels núvols, i fan una fletxa senyalant el vapor o les gotes i posen el nom: evaporació, precipitació.

L'ús de la fletxa per representar l'energia del sol no és massa freqüent, el llibre de Primària que l'utilitza amb aquest significat varia el color de la fletxa i el de Secundària el grafisme. És interessant destacar aquest aspecte perquè, en el cas del cicle de l'aigua, les fletxes no s'utilitzen per representar l'energia, en canvi en un altre tema, que pot treballar-se a classe ciències de l'endemà, pot ser aquest el seu significat esperat.

6.4 Resultats globals

En el procés de modelització que s'ha dut a terme en aquesta intervenció educativa la professora ha insistit en la identificació dels magatzems i dels canvis que intervenen en el cicle de l'aigua, així com en l'ús de les fletxes com a indicadores de canvis.

L'anàlisi dels diagrames de l'alumnat té interès en la mesura que ens donarà informació sobre quins d'aquests aspectes i quins aspectes nous expressen els alumnes en els seus models.

Definir unes tipologies de diagrames segons els aspectes espacials i dinàmics i segons els indicis de raonament causal ha resultat útil per poder seguir l'evolució de les representacions de l'alumnat i identificar els canvis individuals, així com uns possibles models intermediaris entre els models inicials de l'alumnat i el model teòric escolar.

■ 6.4.1 En relació amb els aspectes espacials i dinàmics del cicle de l'aigua

L'estudi de l'evolució dels diagrames fets pels alumnes en relació amb els magatzems i canvis que intervenen en el cicle de l'aigua demostra una clara evolució de les representacions.

En el diagrama inicial hi ha un 53,3% de l'alumnat que expressa un model cíclic de la circulació de l'aigua en la natura. Sorpren que no siguin més alumnes els que facin una representació amb tancament cíclic, ja que els alumnes de la mostra (primer d'ESO) previsiblement ja han estudiat el cicle de l'aigua amb anterioritat i és molt probable que hagin vist diagrames del cicle de l'aigua en llibres de text o de divulgació. Hi ha un 20% de l'alumnat que quan se li demana que representi el cicle de l'aigua fa només un text o representa altres situacions que no s'adiuen amb la demanda. L'altra dada que cal destacar és l'absència, quasi absoluta, ja que només la representa una alumna, de l'aigua subterrània en aquestes representacions inicials.

En els diagrames fets durant el procés d'ensenyament-aprenentatge, si bé s'han fet en unes condicions clarament conduïdes per les intervencions de la professora, només un 36% de l'alumnat fa un diagrama que respon a les expectatives de la professora, mostrant un model de circulació de l'aigua en la natura força semblant al model teòric escolar que té la professora (almenys quant a magatzems d'aigua i a processos). Hi ha un 44% dels alumnes que identifiquen l'emplaçament de l'aigua sota terra dibuixant l'aigua subterrània, però la marquen com a reserva independent, és a dir, la col·loquen en el diagrama però no recullen els mecanismes pels quals hi ha arribat o en pot sortir. Desapareixen els *diagrames no cíclics*, els que només mostren la *circulació atmosfèrica* i els que hem anomenat *model de circulació subterrània*. El 20% d'alumnes restants no mostren en les seves representacions les informacions noves que s'estan aportant a la classe.

Tres alumnes fan un cicle de l'aigua només superficial i dos alumnes, que podríem considerar que no han participat en l'activitat comunicativa en la mesura que no han seguit les instruccions de la professora, no representen ni els magatzems ni els processos comentats a classe.

Passat un curs escolar i situats en un context molt similar al de l'any anterior, un 17,3% de l'alumnat torna a fer un diagrama no cíclic, i ara sí que es pot assegurar que han treballat el cicle de l'aigua i que han vist diagrames en els llibres de text. Malgrat això, hi ha alumnes que en els seus diagrames no destaquen el component cíclic de la circulació de l'aigua. Aquest resultat confirma la idea que la representació de la natura i el seu funcionament tal com apareix en els llibres de text i en les explicacions que fan els professors a l'aula no és evident per a tots els alumnes i que cal treballar la informació que aporta de manera específica cada mode comunicatiu.

En aquesta ocasió tots els alumnes fan una representació en relació amb la demanda. Ara, els alumnes saben el que volem que facin quan els demanem que representin el cicle de l'aigua. Les representacions que fan, si bé tenen uns elements bàsics en comú, són molt variades i en alguns casos molt imaginatives.

El canvi més destacat és en relació amb l'aigua subterrània: s'ha passat d'una representació del 3,3% en el diagrama inicial al 58,3% en el final. Podem considerar que aquests alumnes han incorporat un nou magatzem d'aigua, l'aqüífer. Un 24,1% dels alumnes dibuixen arbres en el seu diagrama final, aspecte que no recollien en el diagrama inicial. Aquest és un pas necessari per poder realitzar el següent, que serà la incorporació de la infiltració i la transpiració. La representació més freqüent en el diagrama final correspon al model que representa una circulació subterrània similar a la superficial.

En relació amb l'evolució individual dels alumnes, un 72,4% representa al cap de l'any un model, quant als components espacials i dinàmics, molt més complet que l'inicial. De manera general, els alumnes, després d'un any d'haver estudiat el tema, tendeixen a fer una representació del cicle de l'aigua on apareixen més magatzems. La majoria ha incorporat als seus diagrames l'aigua subterrània i les glaceres i més fluxos dels que havien posat anteriorment. Cal destacar, doncs, la importància de la identificació dels components del sistema. Si no se sap que hi ha aigua sota terra, no cal pensar en com hi entra, com en surt, quant temps hi pot estar...

Els resultats del diagrama final mostren que un 41,4% de l'alumnat no identifica determinats magatzems d'aigua, concretament l'aigua subterrània. Això confirma que molts fenòmens poden restar amagats a la percepció humana pel fet de ser massa petits, massa ràpids o massa lents. Fins i tot quan són fàcilment perceptibles, com podria ser el cas de la circulació de l'aigua en la natura, els aprenents tenen dificultats a detectar-ne les parts. D'aquí ve la importància de localitzar el màxim de magatzems d'aigua en la natura. Aquest és el primer pas per a una millor representació del fenomen.

■ 6.4.2 En relació amb els indicis de raonament causal en el cicle de l'aigua

En aquest aspecte sembla que es detecta una major estabilitat en les representacions de l'alumnat, ja que hi ha un 51,7% d'alumnes que es mantenen en el mateix tipus de model en relació amb els indicis de raonament causal. Això vol dir que nou alumnes dels deu que en el diagrama inicial expressaven un model explicatiu ho continuen fent al cap d'un any i que sis es mantenen en un model descriptiu.

Hi ha un 41,4% d'alumnes que passen d'un model descriptiu a un model amb algun indicatiu de raonament causal o a un d'explicatiu. En aquest aspecte es considera que la representació del sol és un primer pas per canviar d'un model descriptiu a un model explicatiu. Hi ha dos alumnes que passen d'un model descriptiu o explicatiu en el DI a un model no significatiu en el DF.

A l'hora de comentar aquests resultats creiem que és molt important tenir en compte que cada mode de representació facilita l'accés a una part del fenomen i que, mentre que un diagrama afavoreix la representació d'uns determinats aspectes del fenomen, com són els magatzems i algunes de les relacions entre aquests, dificulta l'expressió o la representació d'altres, com són en aquest cas els mecanismes causals. Així, s'ha observat que els textos escrits que acompanyen els diagrames dels alumnes donen un tipus d'informació, per exemple en relació a les causes de formació dels núvols, que és impossible de conèixer a partir d'un dibuix.

D'aquí es desprèn la conveniència de variar el tipus de demanda i sobretot la proposta del medi d'expressió en funció de l'aspecte del model que es vol evidenciar.

En l'ensenyament de les ciències hi ha uns determinats costums que caldria canviar. És molt probable que per estudiar el cicle de l'aigua es faci fer als alumnes un diagrama, ja que a través d'aquest és més fàcil mostrar les característiques espacials i dinàmiques del fenomen. Ara bé, caldrà proposar la realització d'un text escrit o d'alguna experiència per arribar a la construcció d'un model complet i funcional. La situació contrària es dona en altres continguts científics, on tradicionalment es fan fer textos i on un diagrama permetria destacar aquests altres aspectes tan importants del fenomen.

■ 6.4.3 En relació amb els usos de les fletxes en el cicle de l'aigua

Amb l'anàlisi realitzada hem observat que, un any després d'haver treballat el cicle de l'aigua, el 51,7% dels alumnes no utilitzen les fletxes per representar-lo. Aquesta situació es dona o bé perquè els alumnes es limiten a mostrar un escenari i els seus elements, o bé perquè fan una representació naturalista dels processos que intervenen en el cicle de l'aigua. Són deu els alumnes que en el diagrama final usen la fletxa com a indicadora de canvis i que per tant s'han apropiat del significat esperat. tres, ja ho feien en el diagrama inicial i set han incorporat l'ús treballat a classe.

Creiem que aprendre a utilitzar el símbol de la fletxa com a indicadora de canvi pot ajudar a comunicar les pròpies idees i a facilitar la comunicació amb els altres. De la mateixa manera que cada vegada es veu més la necessitat d'ensenyar a llegir i a escriure a les classes de ciències, també caldrà ensenyar a usar amb més competència els altres modes comunicatius.

La comunitat científica fa un ús de les fletxes i els dona un significat que ha de ser comunicat i treballat a l'aula de manera específica si es vol aconseguir que l'alumnat en faci l'ús desitjat o esperat. En la present recerca s'ha treballat aquest aspecte amb els alumnes i els resultats mostren una millora, però també unes dificultats en la incorporació generalitzada de l'ús de les fletxes com a indicadores de canvis.

Les fletxes són una eina eficaç per representar els aspectes de comportament del fenomen. Però determinades característiques, com ara el component cíclic de la circulació de l'aigua en la natura, no són evidents per a l'alumnat i, malgrat que es facin fletxes que dibuixen un cercle o que es facin gestos circulars, no tots els alumnes hi donen significat.

Les fletxes són massa multiséntiques per la qual cosa apareixen diferències en el seu ús. En el cas del cicle de l'aigua, la diferència més evident és que els alumnes les usen com a etiqueta, mentre que els professors i els llibres de text les usen fonamentalment per representar canvis, sobretot els no perceptibles, com l'evaporació, la condensació....

L'ús de les fletxes com a etiqueta, que fa l'alumnat, pot ser interpretat des del punt de vista que aquest és un ús força comú en les activitats d'identificar i de posar noms a les coses. Molt sovint, a les pissarres de les classes i en els llibres de text es reproduïxen de manera més o menys naturalista determinats fenòmens, objectes i sistemes i se n'indiquen les parts amb fletxes i posant-hi el nom.

El seguiment realitzat mostra que hi ha alumnes que milloren i aconseguen un model final més ric i amb més possibilitats d'ancoratges. Però també hi ha alumnes que no arriben a donar sentit a tot allò que el professor diu, dibuixa o demostra. O almenys no ho fan de la manera necessària per tenir èxit en l'aprenentatge de les ciències. Ensenyar els alumnes a usar i a interpretar tots aquests llenguatges de manera significativa és un repte més de l'activitat docent.

■ **6.4.4 En relació amb els models intermediaris**

Com a resultat d'aquesta recerca s'ha establert una tipologia de models en relació amb el cicle de l'aigua que en certa manera poden ser considerats models intermediaris (Clement 2000), en la mesura que cada model suposa una modificació i una millora de l'anterior.