

OS ESQUEMAS DE ACCIÓN E A AVALIACIÓN DO COÑECEMENTO PROCEDIMENTAL. A MEDIDA DA TEMPERATURA NA E.S.O.

Xosé Manuel Domínguez Castiñeiras*

Antonio De Pro Bueno**

Eugenio García-Rodeja Fernández*

María Laura Illobre González***

* Depto. de Didáctica das Ciencias Experimentais. Universidade de Santiago de Compostela.

** Depto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Murcia.

*** Colexio Público de Vite. Santiago de Compostela.

Abstract

On the grounds of the schema theory, an evaluation instrument has been developed -**action schema: the thermometer** to assess the improvement on learning procedural knowledge. Students' schemes before and after teaching are showed graphically and described in the paper. Comparisons have been made between the previous and finally situations.

Students were faced with the task of measure the temperature of a systema. Some learning problems are revealed in relation with the technics and strategies that secondary school students use.

Keywords: *schema theory, action schema, procedural knowledge, temperature measurement, the thermometer, science assessment, secondary school.*

Resume

A partir da teoría do esquema deseñase un instrumento, **esquema de acción: el termómetro**, que permite avalia-lo progreso na aprendizaxe do coñecemento procedimental. Representanse graficamente e describense os esquemas de acción do alumnado, antes e despois da aplicación dunha proposta didáctica deseñada ó obxecto, e contrástanse as diferencias entre as dúas situacións.

Póñense de manifesto algúns dos problemas de aprendizaxe relativos ás técnicas e estratexias que utiliza o alumnado de secundaria diante da tarefa de utiliza-lo termómetro para medi-la temperatura dun sistema.

Palabras clave: *teoría do esquema, esquemas de acción, coñecemento procedimental, medida da temperatura, termómetro, avaliación en ciencias, ensino secundario obrigatorio.*

Introducción

A filosofía da ciencia destaca a importancia do coñecemento científico na construción e desenvolvemento de dito coñecemento (Duschl, 1990; Giere 1994). Por outra parte a socioloxía da ciencia pon de manifesto que a evolución do coñecemento científico é un proceso no que inflúe, cada vez máis, o consenso da comunidade científica e, neste sentido, o mencionado proceso constitúe unha forma de coñecer, socialmente construída (Phillips, 1998; Slezak, 1998). Esta perspectiva sobre a natureza e a epistemoloxía da ciencia ten implicacións na didáctica das ciencias: a ciencia non debe ensinárase sen a dimensión procedimental pois a toma de conciencia do coñecemento procedimental ou estratéxico por parte do alumnado contribúe positivamente ó seu éxito académico (Duschl, 1995). Proponse acerca-lo proceso de construción do coñecemento na aula de ciencias ó que desenvolven as comunidades de científicos (Duschl, 1990). Hai que facilitar que os estudantes descubran que a práctica científica é unha actividade complexa construída socialmente (Latour, 1992; Hodson, 1994).

A investigación sobre aprendizaxe e ensinanza das ciencias pon de manifesto a diferente natureza do coñecemento declarativo (saber dicir) e o coñecemento procedimental (saber facer). Esta distinción (Anderson, 1983) permite dar un significado psicolóxico preciso á diverxencia entre o que podemos dicir e facer. Trátase de dous tipos de coñecemento distintos que, ademais, en moitos casos, acádanse por camiños diferentes: o coñecemento declarativo é facilmente verbalizable, pode acadarse por exposición verbal e acostuma ser consciente; o coñecemento procedimental non sempre é verbalizable, adquirese máis facilmente a través da acción e execútase frecuentemente de xeito automático, sen que sexamos conscientes (Pozo, 1998).

A psicoloxía cognitiva demostrou a falsidade do vello principio de que as dificultades no saber facer débense á incapacidade de aplicar o que se sabe dicir e, polo tanto, que a teoría debe preceder sempre á práctica. Trátase de dous tipos de coñecemento que se adquiren por procesos diferentes e ata certo punto independentes (Pozo, 1989, 1996). Aínda que ámbolos dous tipos de coñecemento deberían en moitos casos coincidir, noutros moitos non é así. Púxose de manifesto que os alumnos non saben converter os seus coñecementos científicos descritivos e conceptuais en accións ou prediccións eficaces e viceversa (Pozo, 1998), ás veces executan accións que son incapaces de describir ou definir. Por exemplo, no noso caso, o alumnado aprende facilmente que debe le-la temperatura que indica o termómetro cando a columna de mercurio deixa de incrementala súa lonxitude e o seu extremo superior estabilízase fronte a unha división da escala; pero resúltalle moito máis difícil establecer polo miúdo en que criterios basea esa forma de proceder.

Nos novos currículos defínense os procedementos (Coll e Valls, 1992) como “secuencias de acciones dirigidas a la consecución de una meta”. No marco desta ampla definición estarían incluídos un grande abano de procedementos que o alumnado debería aprender: dende as técnicas ata as estratexias de aprendizaxe e razoamento. No caso que nos ocupa, dende o uso do termómetro, pasando pola xustificación de por que o dato lido no termómetro corresponde á temperatura do sistema obxecto de medida, ata a formulación e verificación de hipóteses sobre como se podería poñer a cero graos.

Existen diferencias marcadas entre técnicas e estratexias (Monereo, 1997; Monereo e Castelló, 1997; Pozo, 1996; Pozo e Postigo, 1997). Mentres que a técnica é unha rutina automatizada como consecuencia da práctica repetida, as estratexias implican unha planificación e unha toma de decisións sobre os pasos a seguir e, en consecuencia, unha actividade deliberada e controlada por parte do alumnado. As estratexias inclúen as técnicas e implican un uso intencionado das mesmas en función dos obxectivos da tarefa. Por outra parte debemos ter en conta que o coñecemento conceptual específico é un factor determinante na eficacia para o uso de estratexias de razoamento e aprendizaxe (Álvarez, 1998 ; Jiménez, 1998) e que non se aprenden con independencia do contido ó que se aplican (Pérez Echeverría e Pozo, 1994; Couce e col., 1998).

Se por exemplo lle damos ó noso alumnado un tubo de ensaio, unha probeta, auga, un acendedor de alcohol, un termómetro e lles pedimos que poñan en marcha unha estratexia para formular e verificar unha hipótese sobre, como inflúe o volume de auga no aumento de temperatura da mesma cando esta se somete á acción do acendedor, estámoslle pedindo que empreguen unhas técnicas -dominio dos instrumentos (acendedor, probeta, termómetro), control de variables (intensidade da chama, distancia do acendedor ó tubo de ensaio, masa de auga), rexistro cuantitativo de datos (táboa de valores, representación gráfica de valores)- e desenvolvan estratexias de razoamento que lles permitan a interpretación dos datos.

O uso das técnicas que están incluídas nunha determinada estratexia é unha condición necesaria para o dominio da mesma, pero non suficiente. O dominio dunha estratexia, neste caso de razoamento, para xustificalo incremento de temperatura do sistema, require doutras compoñentes cognitivas: no exemplo anterior, enerxía, calor e temperatura, así como a capacidade de dar significado a unha gráfica (tempo/temperatura), recta de pendente positiva. Son necesarios uns coñecementos temáticos específicos (Couce e col., 1998; Domínguez e col., 1998a, 1998b, 1999) que inclúan información verbal, pero tamén conceptual, para a comprensión substancial e polo tanto significativa da tarefa encomendada.

Non é posible concebir (Hodson, 1994) como actividades separadas, aínda que así se faga en moitas aulas de ciencias, «a aprendizaxe da ciencia», «a aprendizaxe sobre a natureza da ciencia» e a «práctica da ciencia»; é

importante admitir a súa interrelación (Gott e Duggan, 1995). En certo sentido, forman tres orientacións distintas sobre a mesma actividade constructivista, reflexiva e interactiva. Paradoxicamente é a propia natureza da investigación científica («a práctica da ciencia») a que proporciona ó estudante o estímulo para recoñecer e comprender a súa interrelación. A práctica da ciencia dá lugar a tres tipos de aprendizaxe (Hodson, 1994; DiMarco e Turner, 1998):

- A comprensión conceptual intensificada de calquera tema estudado ou investigado.
- O aumento do coñecemento relativo ó procedemento: aprender máis acerca das relacións entre a observación, o experimento e a teoría.
- O aumento da habilidade investigadora que pode chegar a converterse en dominio.

Desde este punto de vista podemos inferir que un dos criterios polos que se inclúen as ciencias na Ensinanza Secundaria Obrigatoria é o valor formativo, non só dos seus conceptos e modelos, senón tamén da súa metodoloxía de traballo. É certo que ata agora ensinábanse os contidos procedimentais, pero nunca antes foran recoñecidos tan categoricamente nos nosos programas oficiais (Coll e col., 1995) nos que se fai explícito que son contidos obxecto de aprendizaxe. En consecuencia trátase duns coñecementos concretos que hai que ensinar e, o mesmo que os conceptuais, deben ser obxecto de avaliación (De Pro, 1995).

No presente traballo centrámo-la nosa atención en avaliar o progreso na aprendizaxe do coñecemento procedimental do alumnado da mostra. A caracterización do coñecemento procedimental realizada ata aquí danos idea da dificultade para avaliar dito coñecemento. A diferenciación en tipos de contidos -conceptos, procedementos e actitudes- que se fai nos currículos oficiais é máis semántica que real. Na actualidade tanto a filosofía da ciencia, como a psicoloxía e a didáctica das ciencias coinciden en que o coñecemento científico non está constituído por estruturas illadas, senón que existe unha interrelación e dependencia entre os marcos teórico e metodolóxico. Ademais as actitudes desenvólvense en función das súas compoñentes cognitiva e experiencial, o que pon en evidencia a posible contradicción dunha atomización que ignore a concepción global da aprendizaxe (Claxton, 1991; Lemke, 1993; Arnay, 1997).

En consecuencia, debemos incorporar ó noso traballo a idea de que unha auténtica aprendizaxe supón o establecemento de esquemas de razoamento e acción que permitan o seu uso na descrición e interpretación de problemas, así como a súa transferencia á resolución de novos problemas. Neste sentido necesitamos avaliar non só respostas a ítems illados, senón tamén estruturas de coñecemento que haberá que determinar (Saura, 1996).

A noción de estrutura de coñecemento do suxeito que aprende desenvolveuse, entre outras, por medio da teoría do esquema (Rumelhart e Ortoni

1982; Rumelhart, 1989; Pozo, 1989; Coll, 1983; Flavell, 1993; Sierra, 1994). Esta teoría propón que o coñecemento do suxeito que aprende pódese representar mediante estruturas de datos denominadas “esquemas”.

A definición de “esquema” (Rumelhart e Ortoni 1982; Rumelhart, 1989), a de “guión” de Shanck (1987) e a de “marco” de Minsky (1986), son fundamentalmente coincidentes: “estructura de datos para representa-lo coñecemento xenérico almacenado na memoria”. Deste modo os esquemas conteñen información, non só do propio coñecemento (declarativo), senón tamén de como se emprega (procedimental) (Pozo, 1989; Rumalhar e Ortoni, 1982; Domínguez e col., 1998b, 1999).

Os citados esquemas fundaméntanse nos seguintes principios:

- Todo coñecemento está estruturado en unidades chamadas esquemas.
- Os esquemas conteñen información, non só sobre o coñecemento, senón tamén sobre como se emprega.
- Representan conceptos xeralizados, situacións, sucesos, accións e secuencias de sucesos e accións relacionados entre si. Como rede de interrelacións, non se poden explicar coma un sinxelo agregado de elementos máis simples e polo tanto constitúen estruturas dinámicas de crecente complexidade.
- O procesamento da información e, en consecuencia, a construción da representación do coñecemento depende da activación dos esquemas que ten o suxeito.

A partir da citada teoría deseñamos un instrumento, ***esquema de acción: termómetro***, que nos permite avalia-lo progreso na aprendizaxe do coñecemento procedimental do alumnado, antes, despois e pasados uns meses da intervención na aula, de maneira que se poidan contrasta-las posibles diferencias entre as tres situacións. Nun deseño experimental máis ortodoxo, habería que repetir probas para posibilitar unha comparación exacta entre os distintos “tempus” da investigación. Sen embargo, a conducta humana, moito máis rica e complexa que as variables científicas (temperatura, masa, ...) lévanos a incluí-la idea de dimensión (Saura, 1996) dentro dunha concepción global da aprendizaxe. Neste traballo interésanos averigua-lo coñecemento procedimental que subxace no alumnado cando ten que utiliza-lo termómetro para proceder á medida da temperatura (dimensión) dun sistema. Deste modo perfílase a hipótese de que **os esquemas de acción constitúen instrumentos válidos para avalia-lo progreso na aprendizaxe do coñecemento procedimental relacionado co uso do termómetro e coa posta en práctica de estratexias de medida da temperatura dun sistema.**

Parece evidente que nun traballo destas características, se faga unha caracterización inicial e final da mostra experimental en función dos coñecementos científicos que ten o alumnado sobre a materia obxecto de estudo,

antes e despois da aplicación do módulo de aprendizaxe. Pero quizais sería contradictorio coa idea de aprendizaxe significativa limitarnos a unha idea inmediata das aprendizaxes; nesta circunstancia, o predominio da memoria a curto prazo pode condicionar en grande medida a información recollida. Consecuentemente comprobouse tamén que é o que queda logo de transcorrido un certo tempo da intervención na aula, pois o feito de que non existan perdas estatisticamente significativas pode supoñer unha certa estabilidade no aprendido. Por razóns de espazo só se indica neste traballo o contraste entre a caracterización inicial da mostra investigada (antes da intervención) e a caracterización final (despois da intervención).

1. Estratexia de recollida de información e o seu tratamento

1.1. A mostra

A mostra utilizada (Táboa I) foi ocasional e constituída polos alumnos e alumnas dun grupo de 7º de EXB dun colexio público de Santiago de Compostela: 8 rapaces e 13 rapazas de idades comprendidas entre os 12 e os 16 anos.

Deseñáronse unha serie de probas e determináronse os esquemas de razoamento *-microscópico* (Domínguez e col., 1998b), *macroscópico* (Domínguez e col., 1998c), *dilatación* e *cambio de estado*- e os esquemas de acción *-termómetro*, *representación gráfica*, *relación de variables* e *diseño experimental*- do alumnado da mostra, para explorar como xustifican o comportamento dun sistema que se somete á acción dunha fonte de enerxía (acendedor).

Aquí só estudiarémo-lo esquema de acción *termómetro*, relacionado coa medida da temperatura dun sistema (aire da clase) para avalia-lo progreso na aprendizaxe do alumnado, por medio da intervención intencionada cunha proposta didáctica deseñada ó obxecto (García-Rodeja e col., 1994; Domínguez e Illobre, 1997).

Número	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Idade (anos)	13	12	15	12	13	12	12	13	13	12	13	15	12	12	16	13	14	13	16	12	12
Sexo	H	H	H	M	M	M	M	H	M	M	H	H	M	M	M	M	M	H	H	M	M
H = rapaz, M = rapaza																					

Táboa I. Alumnado correspondente á mostra investigada

1.2. O proceso interpretativo do coñecemento do alumnado

Un dos maiores problemas da investigación das ideas dos alumnos por medio de estudos interpretativos, é chegar a consensua-lo coñecemento que ten o alumnado, superando o círculo hermenéutico que supón o feito de que o coñecemento que ten o investigador sobre o coñecemento do alumnado, depende da interpretación do investigador que, ó mesmo tempo, está condicionada polo seu propio coñecemento (Kesidou e Duit, 1993).

1.2.1. A ciencia escolar

Consecuentemente co anterior, fixemos unha selección (Domínguez e col., 1996) dos contidos obxecto de aprendizaxe na Ensinanza Secundaria Obrigatoria, propostos polo currículo oficial (DCB) e clarificamos tamén o coñecemento implicado, para establecer cal é o contido básico obxecto de aprendizaxe e como se contempla na actualidade pola comunidade científica (Levine, 1995, Domínguez e col., 1998a); todo isto ilústrase na Táboa II.

Tendo en conta o anterior elaborámo-lo esquema de acción de referencia (Figura I), representativo da ciencia escolar, que empregaremos, non só para orientarnos no deseño das actividades de caracterización e de intervención, senón tamén para elabora-los esquemas de acción do alumnado e estudar que evolución experimentaron.

1.2.2. O esquema de acción representativo da ciencia escolar

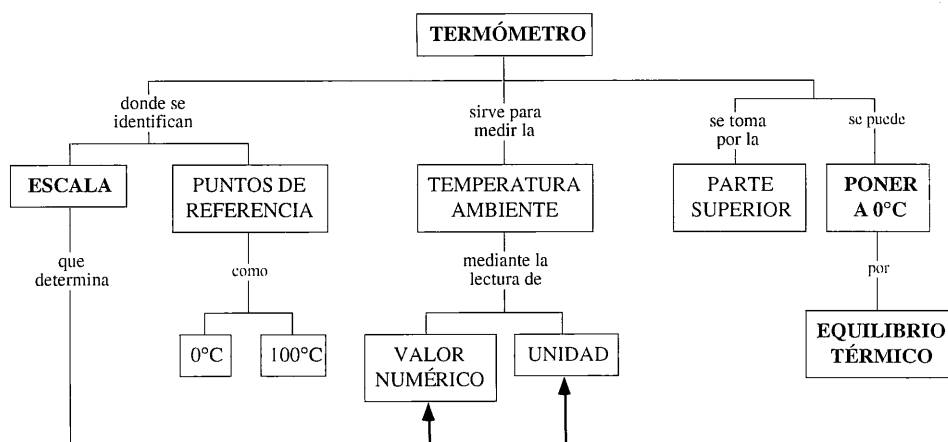
Neste traballo denomínase o esquema de acción en función do instrumento que representa, **termómetro**. É a estrutura de coñecemento activada, dende o punto de vista da ciencia escolar, cando se utiliza o termómetro nunha das posibles estratexias para proceder á medida da temperatura dun sistema. Representamos dito coñecemento mediante etiquetas, relacionadas entre si por nexos (Figura I). Estas relacións representan as distintas accións que subxacen á acción obxecto de estudio: o uso do termómetro para medi-la temperatura dun sistema. Compre o papel, na nosa investigación, de referencial para avalia-lo coñecemento procedimental activado polo alumnado da mostra cando procede á medida da temperatura do aire da clase.

No esquema (Figura I) aparece unha etiqueta, **termómetro**, que constitúe o instrumento obxecto de estudio e que recibe o nome de **esquema dominante**. Constitúe o elemento principal do esquema de coñecemento.

Outros elementos do esquema son os **subesquemas**. A estrutura dun subesquema ven dada en termos de relacións co esquema dominante. Representáanse na memoria por medio de nomes ou etiquetas e non polas súas

CONCEPTOS	DCB	COÑECEMENTO CIENTÍFICO BÁSICO	PROCEDEMENTOS	DCB
Calor	C.2.3 C.2.5	Calor é un proceso de transferencia de enerxía, máis que unha forma de enerxía. Calor é unha transferencia de enerxía debida á acción de forzas a nivel molecular; calor é traballo realizado a nivel molecular. Cando corpos de temperatura diferente se poñen en contacto, as colisións entre as partículas dos dous corpos provocan unha transferencia de enerxía do corpo máis quente ó máis frío. Calor e traballo son medidas de transferencia de enerxía e ámbolos dous teñen as mesmas unidades que a enerxía. Entón a unidade de calor pode definirse en función do <i>julio</i> .	Identificación e análise de situacións da vida cotiá nas que se produzan transformacións e intercambios de enerxía.	P.2.1
Temperatura	C.2.3 C.2.5	Parámetro intensivo, propiedade común dos sistemas en equilibrio térmico.	Manexo do termómetro, estimando o erro cometido.	P.1.1
Dilatación	C.2.3	Variación de volume que se produce debido á variación de temperatura.	Utilización de técnicas de resolución de problemas para abordalos relativos á calor. Realización de experiencias sinxelas dirixidas a analizar e cuantificar algúns efectos da calor sobre os corpos: dilatación, elevación de temperatura, ...	P.2.2 P.2.3
Modelo cinético de partículas (Enerxía, Partículas, Axitación).	C.1.3	A materia formada por partículas en continuo movemento. A temperatura relacionada coa enerxía cinética molecular media e, en consecuencia, coa axitación das partículas.	Utiliza-la teoría cinética para explicalo concepto de temperatura, e algúns fenómenos que se dan na natureza: dilatación, cambios de estado, procesos de propagación da calor, ...	Criterio de avaliación 1

Táboa II. Selección de contidos propostos no currículo oficial

Figura I. Esquema de acción representativo da ciencia escolar: *termómetro*

estructuras completas; senón, daríase o que Rumelhart e Ortony (1982) denominan “multiplicación explosiva” de representacións do coñecemento. Activáronse e encaixáronse no esquema dominante, os subesquemas *escala*, *poner a 0°C* e *equilibrio térmico*, sobreenténdese cun sistema a 0°C. Temos que indicar que para a caracterización inicial da mostra substituíuse este subesquema por *contacto con hielo* (fundente), debido a que representa o coñecemento relacionado coa experiencia do alumnado.

A organización do esquema é xerárquica, cada esquema está caracterizado polos constituíntes de nivel inferior, os *subesquemas*, e as *variables*. A propiedade de encaixe fai posible que unha situación ou un obxecto, *esquema dominante*, poida ser comprendido en termos dos seus constituíntes: os *subesquemas* e as *variables*. Pero ó mesmo tempo pódese conseguir unha comprensión máis profunda se se fai referencia á estrutura interna destes constituíntes, xa que permite distingui-las relacións que existen entre eles e reconece-las que se dan internamente en calquera dos mesmos.

Esta capacidade de encaixe dos subesquemas no esquema dominante, permite representar algunhas características importantes das accións, debido ó feito de que teñen estruturas constituíntes. Deste modo, no noso caso (Figura I), aínda que le-la temperatura co termómetro é unha acción única, ten subaccións complexas como constituíntes: ¿como interpreta-la escala?, ¿como comunica-lo dato?, ¿débesse proceder ou non á axitación, no caso dun líquido, para homoxeneiza-la temperatura e como hai que facelo?, ... Isto suxire que os subesquemas son constituíntes reais do esquema dominante *termómetro*, a pesares da aparente unidade da acción.

Como indicabamos antes outro dos elementos do esquema son as *variables*. Poden tomar diferentes valores, non só polo estímulo que ten que ser comprendido, senón tamén por factores relacionados co contexto. Isto posibilitará asignarlles *valores*, especificando os papeis que compren no esquema, e xerar *asignacións ausentes*, cando a asignación non se pode facer tomando como base o estímulo real, ou a memoria. Estes tamén se chaman *valores por defecto*; un esquema pode conter grande cantidade de detalles supostos, pero a súa existencia non está garantida. Unha vez feita a asignación de variables, xa sexa a partir do entorno, da memoria, ou mediante ausencia, dise que o esquema foi activado, posto en marcha; este é o primeiro paso cara a comprensión. A partir de aquí, o proceso pode continuar, modificando, substituíndo, ampliando, ... as asignacións iniciais.

No noso esquema de acción referencial (Figura I), activáronse as variables *unidad*, *valor numérico*, *parte superior*, *temperatura ambiente* e *puntos de referencia*, á que se lle asignaron os valores 0 °C e 100 °C. A existencia de *variables* nos esquemas de acción, permite a flexibilidade requerida para a execución das accións. Así pois cando se emprega o **termómetro** para medir a temperatura do sistema, identifícase a **escala** (*puntos de referencia*) e tómanse decisións relacionadas coa estimación das divisións da escala (*valor numérico*), co significado do símbolo °C (*unidade*) e coa manipulación do termómetro, respecto do lugar por onde se debe suxeitar (*parte superior*). A variable *temperatura ambiente* e as súas relacións coas variables *valor numérico* e *unidad* poñen de manifesto a magnitude obxecto de medida, o sistema a que corresponde (aire da clase) e o xeito sobre como se debe comunica-lo dato lido no termómetro.

Unha característica dos esquemas, que se debe destacar como instrumentos de avaliación, é que mediante eles pódese representa-lo coñecemento en tódolos niveis de abstracción, o que nos permite organizar, resumir e recupera-la información sobre secuencias relacionadas de feitos e fenómenos. A súa propia natureza inclúe tanto o coñecemento declarativo como o coñecemento procedimental. Desta forma “saber qué” e “saber cómo” son dous usos distintos da mesma representación (Rumelhart e Ortoni, 1982; Rumelhart, 1989; Pozo, 1989). Consecuentemente, do mesmo modo que se pode representar mediante esquemas o coñecemento que subxace á comprensión e ó razoamento (Rumelhart e Ortony, 1982; Rumelhart, 1989; Saura, 1996; De Pro e Saura, 1997; Domínguez e col., 1998a, 1998b, 1999), así tamén o coñecemento -técnicas e estratexias- empregado para realizar accións pode ser representado, formando estruturas que se denominan esquemas de acción (Rumelhart e Ortony, 1982; Rumelhart, 1989).

Os esquemas de acción representan as accións e secuencias de acción, pois as características básicas dos esquemas proxéctanse sobre algunhas das características cruciais das accións.

Os diferentes tipos de esquemas son case sempre interdependentes. A coordinación de moitas accións require unha interpretación das percepcións (observacións significativas) (Rumelhart e Ortony, 1982; Rumelhart, 1989), a miúdo seleccionadas, e isto demanda a activación de esquemas de razoamento que conecten con variables relacionadas coa acción.

Finalmente, a existencia dos esquemas de acción en tódolos niveis de abstracción, permite explicar, en principio, as relacións entre **plans**, esquemas de acción moi abstractos (Shanck, 1987) e a execución deses plans (Rumelhart e Ortoni, 1982; Rumelhart, 1989). Pódense considera-las accións como plans exemplificados con valores motores, os que tamén poden ser, ou ben esquemas de acción, como **termómetro**, ou ben accións primitivas como as necesarias para medi-la temperatura. Estas accións primitivas son accións automáticas que se realizan sen prestar atención ás súas constituíntes e dependen do contexto. Por exemplo, é frecuente observar como o alumnado, incluso os maiores, despois de períodos de instrucción, axitan fortemente o termómetro do laboratorio para poñelo a cero e quedan sorprendidos ó ver que non tiveron éxito (García Estañ e col., 1988; Domínguez e col., 1996). Cambiaron as condicións contextuais e o subesquema **agitación**, activado para xustifica-la acción de baixa-la columna de mercurio do termómetro clínico nun contexto familiar, deixa de ser útil no contexto da aula de ciencias, cando se trata de poñer a cero o termómetro empregado no laboratorio. É necesario que se activen e se relacionen os subesquemas **equilibrio térmico** e **sistema a 0°C**, para xustificar por que se estabiliza a lonxitude da columna de mercurio no termómetro do laboratorio, pero tamén é necesario que se perciba a diferente estrutura do capilar de ámbolos dous termómetros, no punto de unión co bulbo, para xustificar por que a columna de mercurio se rompe e non diminúe de lonxitude no termómetro clínico, a non ser que se axite enerxicamente.

1.3. Probas de caracterización da mostra investigada

Para recolle-la información que nos permita caracteriza-la mostra antes e despois da aplicación do módulo de aprendizaxe, deseñamos probas de lapis e papel e unha entrevista estruturada que se ilustran nos Cadros I e II. Despois de que o alumnado realice as probas de caracterización inicial e antes de que realice as probas de caracterización final próxima, lévase a cabo na aula a proposta didáctica que describiremos no epígrafe I.4.

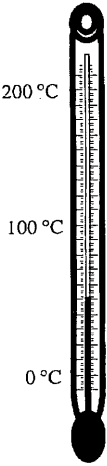
1.3.1. Probas de caracterización inicial

Descríbense a continuación cada unha das probas que realizou o alumnado, indicando a súa finalidade.

Unha proba escrita (Cadro I, proba 3), na que se lle plantexan ó alumno cuestións relativas á identificación do instrumento empregado, á súa utilidade, ó significado da escala, ó valor das divisións da escala e á lectura da temperatura que indica o instrumento. O alumnado da mostra precisou un tempo de 10 minutos, aproximadamente, para contestala.

Unha entrevista estruturada (Cadro I, proba 4), na que se lle plantexan ó alumnado cuestións relacionadas coa localización do 0 °C e do 100 °C, no termómetro (-10 °C / 210 °C), coa lectura da temperatura e a súa correspondencia co sistema respectivo e cuestións relacionadas co proceso de posta a cero do termómetro. Ponse énfase en explora-la forma na que o alumno suxeita o termómetro, pola parte superior ou polo bulbo. Precisouse un tempo de 50 minutos, aproximadamente, para realiza-la entrevista a todo o alumnado da mostra.

Cada alumno responde durante uns dez minutos á proba escrita 3 e, cando remata, realiza a entrevista nunha aula anexa onde lle esperaba o entrevistador, neste caso a profesora do curso. Estaba presente o primeiro autor deste traballo.

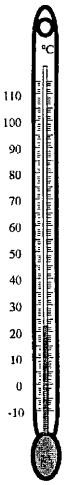
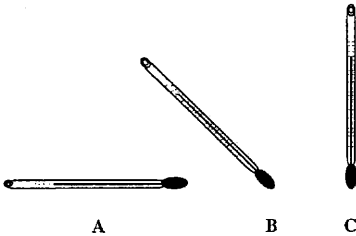
PRUEBA 3 - CARACTERIZACIÓN INICIAL	PRUEBA 4 - CARACTERIZACIÓN INICIAL Y FINAL
 Pregunta 1. Escribe el nombre del instrumento representado en la figura _____ Pregunta 2. ¿Para qué sirve el instrumento representado en la figura? _____ Pregunta 3. ¿Qué representan las divisiones (espacios entre dos rayas)? Pregunta 4. ¿Cuánto vale cada una de las divisiones grandes y cada una de las divisiones pequeñas? División grande = _____ División pequeña = _____ Pregunta 5. ¿Qué temperatura marca el termómetro? Temperatura= _____	<u>Ficha para la entrevista</u> Pregunta 1 Coge el termómetro y señala el 0 °C: _____ señala el 100 °C: _____ Pregunta 2 Lee lo que marca el termómetro _____ El termómetro, en este momento, está midiendo la temperatura de _____ Indicar por dónde sujeta el termómetro _____ Pregunta 3 ¿Cómo pondrías el termómetro a 0°C?

Cadro I. Probas de caracterización da mostra

Empregando unha ficha deseñada ó efecto (Cadro I, proba 4), entrevista a cada alumno individualmente. Preséntaselle un termómetro de mercurio graduado de -10 °C a 210 °C. Pídeselle que colla o termómetro e que sinale o 0 °C e o 100 °C, ámbolos dous puntos fixos están claramente indicados no termómetro. Obsérvase con atención o modo de suxeita-lo termómetro, feito que pode resultar revelador do hábito do seu uso. A continuación, pídeselle ó alumno que indique cal é a temperatura que marca o termómetro e que diga a que sistema corresponde. Por último pregúntaselle como poñería o termómetro a 0 °C. Tense coidado de non introducir elementos distorsionantes na entrevista, xa que poderían dar lugar a datos non representativos da realidade do alumno.

1.3.2. Probas de caracterización final

Deseñáronse dúas probas escritas (Cadro II, probas 5 e 6) nas que se lle plantexan ó alumnado cuestións relacionadas coa construción dun termómetro e co incremento de lonxitude da columna de mercurio, cando se colle o termómetro coa man polo bulbo. Preténdese obter datos sobre o recoñecemento dos elementos constitutivos do termómetro e que inferencias realiza o alumnado cando argumenta sobre o incremento de lonxitude da columna de

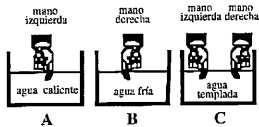
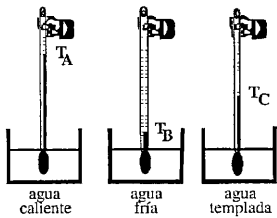
PRUEBA 5 - CARACTERIZACIÓN FINAL	PRUEBA 6, ÍTEM 1 - CARACTERIZACIÓN FINAL								
 ¿Explica detalladamente como construírías un termómetro? Si sujetas el termómetro por el bulbo, observarás que la columna de mercurio empieza a subir. ¿A qué crees que es debido?	1. ¿La figura representa un termómetro colocado en diferentes posiciones. ¿Qué temperatura indicará el termómetro en la posición A, en la posición B y en la posición C?  Marca con un aspa la respuesta que consideres correcta <table><tr><td>Mayor en A</td><td>☐</td></tr><tr><td>Mayor en B</td><td>☐</td></tr><tr><td>Mayor en C</td><td>☐</td></tr><tr><td>Igual en cualquier posición</td><td>☐</td></tr></table> Explica detalladamente tu respuesta	Mayor en A	☐	Mayor en B	☐	Mayor en C	☐	Igual en cualquier posición	☐
Mayor en A	☐								
Mayor en B	☐								
Mayor en C	☐								
Igual en cualquier posición	☐								

Cadro II. Probas de caracterización da mostra

mercurio do termómetro. Precisouse un tempo de 30 minutos, aproximadamente, para a realización de ámbalas dúas probas. Despois de contestar ditas probas escritas anteriores, o alumnado contesta unha entrevista estruturada empregando a ficha xa descrita para a caracterización inicial da mostra. (Cadro I, proba 4).

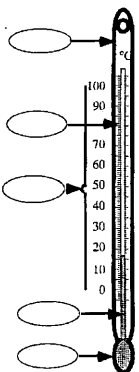
1.4. Aplicación da proposta didáctica

Consideramos necesario deternos, aínda que sexa brevemente, para poñer de manifesto o marco teórico xeral no que se basea o modelo didáctico que dirixe a intervención da profesora e do alumnado na aula. Denomínase esta metodoloxía “Actividades Abertas” (AcAb) (García-Rodeja e col., 1987, 1994). Ilústranse nos Cadros III e IV actividades representativas (Domínguez e Illobre, 1997) para a aprendizaxe da medida da temperatura aínda que, como indicamos anteriormente, a proposta didáctica está constituída por diversas actividades.

ACTIVIDAD 3: MEDIR LA TEMPERATURA DEL AGUA UTILIZANDO EL SENTIDO DEL TACTO	ACTIVIDAD 5: MIDIENDO CON EL TERMÓMETRO
Mediante la experiencia que te proponemos a continuación trata de medir la temperatura del agua contenida en los recipientes A, B, C. Material por equipo: 3 vasos de precipitados, agua caliente, agua fría y agua templada. Preparar el vaso A con agua caliente, el vaso B con agua fría y un tercer vaso C con agua templada, que obtendréis al mezclar la misma cantidad de agua caliente y de agua fría. Introducir el dedo índice de la mano izquierda en el vaso con agua caliente y el dedo índice de la mano derecha en el vaso con agua fría. A continuación introducir ambos dedos en el recipiente con agua templada.  A B C Al introducir los dedos en el recipiente con agua templada, ¿notais alguna sensación diferente? Indicadla ¿Qué explicación dais a vuestras sensaciones?... ¿Coinciden o no vuestras explicaciones con las de otros compañeros? ¿por qué? ... ¿Es realmente el tacto un criterio fiable para medir la temperatura del agua? Marcad con una cruz la respuesta con la que estéis de acuerdo Si ☐ No ☐ Otra respuesta ☐ Razonad la respuesta elegida	Veamos si el termómetro nos proporciona un método que se base en un criterio más objetivo para diferenciar entre cuerpos calientes y fríos. Introducíd el termómetro en el agua de los recipientes que se indican.  agua caliente agua fría agua templada Anotad los resultados: TA = [] TB = [] TC = [] El termómetro nos aporta un dato que llamaremos temperatura. Ordenad, de menor a mayor temperatura, los resultados obtenidos con el termómetro. ... Ya no estamos utilizando el criterio del tacto. El disponer de un termómetro nos ha permitido utilizar un criterio más fiable. ¿Que nuevo criterio estamos utilizando? El termómetro es un instrumento para medir la temperatura de los cuerpos. La temperatura es una magnitud útil porque nos permite diferenciar objetivamente los cuerpos calientes (que están a mayor temperatura que nuestro cuerpo) de los cuerpos fríos (que están a menor temperatura que nuestro cuerpo).

Cadro III. Actividades da proposta didáctica.

Actividad 4: LA TEMPERATURA DE LOS OBJETOS Y EL TERMÓMETRO



¿Qué instrumento os permitiría comprobar la temperatura del agua de una manera más fiable?

Seguro que el instrumento que habeis indicado es el termómetro. Teneis uno encima de la mesa. Vais a conocerlo y a aprender a utilizarlo.

Es un termómetro de *mercurio* en *recipiente de vidrio*. Es el más común.

Consiste en un depósito de vidrio o *bulbo*, en comunicación con una varilla del mismo material, hueca por dentro en forma de *capilar* (varilla muy delgada):

El termómetro contiene *mercurio*, que llena el bulbo y parte del capilar.

La escala del termómetro es la escala centígrada que se establece tomando *dos puntos fijos*: el cero y el cien.

La diferencia entre ambas temperaturas se divide en cien partes iguales, denominadas divisiones de la escala del termómetro. Cada división equivale a un *grado centígrado* o grado Celsius en honor a su inventor. Cada una de estas divisiones, a su vez está dividida en diez partes iguales, diez divisiones más pequeñas. El valor de cada una de estas divisiones más pequeñas es de una *décima de grado centígrado*.

Indica en los bocadillos de la figura el nombre correspondiente a las partes del termómetro que se indican con flechas.

¿Por dónde se sujeta el termómetro?

El termómetro ha de sujetarse por la parte superior. No se debe tocar el bulbo que contiene el mercurio pues falsearíamos la medida de la temperatura.

¿Cómo se lee la temperatura que marca el termómetro?

La *columna de mercurio* alcanzará una altura mayor o menor, según sea la temperatura.

Para la medida de temperaturas inferiores a 0°C o superiores a 100 °C, la escala tiene divisiones del mismo tamaño por debajo del 0 y por encima del 100.

La *temperatura que marca el termómetro debe leerse haciendo coincidir, en la misma horizontal, nuestros ojos con el extremo de la columna de mercurio*.

¡Nunca debe leerse la temperatura del termómetro mirando desde arriba o desde abajo!, pues falsearíamos la lectura.

Comprobado por vosotros mismos leyendo la temperatura de la clase y anotad los datos obtenidos.

Cadro IV. Actividades da proposta didáctica.

Na liña de considera-la aprendizaxe das ciencias como construción de coñecementos e non como simple adquisición dos elaborados previamente, o currículo estrutúrase en función dun programa de actividades que facilitan tal construción por parte do alumnado e non coma un listado de contidos a transmitir polo profesor ou profesora.

Como indicabamos na introducción, o enfoque constructivista superou a polémica entre procesos e produtos da ciencia (Millar e Driver, 1987). A aprendizaxe de destrezas e estratexias efectúase sobre contidos conceptuais específicos. O currículo, polo tanto, non debería dirixirse a desenvolver algún tipo de contido illadamente dos outros.

Seguíuse un modelo holístico (Aureli, 1992; Del Carmen, 1995) para o deseño de actividades e, máis que técnicas para aprender a utiliza-lo termómetro, empregouse o termómetro como técnica necesaria para o desenvolvemento de estratexias relacionadas coa medida da temperatura, nas que se integran os conceptos e actitudes para os que está deseñada a «AcAb Calor y Temperatura» (García-Rodeja e col., 1994). Isto supón o deseño de actividades (que poden ser mentais) suficientemente abertas como para incluí-los tres tipos de contidos (conceptuais, procedimentais e actitudinais).

Por outra banda a elección de contidos curriculares non é unha cuestión trivial. A reflexión sobre os contidos obxecto de aprendizaxe supón unha parte esencial da análise didáctica. Bromme (1988) denomina esta reflexión “meta-coñecemento da asignatura”: o coñecemento sobre os propios coñecementos a ensinar, e dela van depender cuestións e problemas que se plantexan na ensinanza da física. Frecuentemente a elección de contidos nos *currícula* de ciencias está orientada á preparación para acceder ó seguinte nivel de ensino, cando debería constituír unha experiencia educativa en si mesma (Head 1985; Claxton, 1991; Arnay, 1997; Lemke, 1997). Deste modo moitos dos contidos de ciencias non son relevantes para o alumnado e o mundo no que vive. Como contraste a estas situacións as AcAb teñen a súa orixe en realidades concretas; parten dun feito físico coñecido polo alumnado e ábreanse a outras realidades (científicas, culturais, ...) e ós conceptos e métodos da ciencia que se consideran obxecto de aprendizaxe; caracterízanse polo material físico elixido e ábreanse nun sentido interdisciplinar e integrador.

Ademais do criterio de relevancia (Elliot, 1990), para que os alumnos e alumnas consideren que os contidos de Física teñen importancia no mundo que lles rodea, é fundamental o principio de actividade (Cleminson, 1990) do alumnado, polo que el mesmo intervén no proceso de elaboración de conceptos e métodos e na busca de modelos. Fronte á visión do alumnado como internamente inerte e pasivo, ó que hai que provocar mediante accións externas ou internas, está a visión de que as persoas son activas espontaneamente e, polo menos ata que se sentan no pupitre da escola, teñen motivación para aprender. Parece haber acordo xeralizado na área de coñecemento de didáctica das ciencias experimentais en canto ó aspecto constructivista da adquisición de coñecementos: o coñecemento non se transmite sen máis, senón que precisa o papel protagonista do que aprende.

Elliot (1990) dá conta dos resultados dunha investigación, na que entrevistaba ó alumnado despois das clases e onde poñía de manifesto que a maioría aprenderan pouco. Os esforzos do alumnado centrábanse en copiar a información nos seus cadernos para memorizala máis tarde, ó revisala, no que o autor chama “posposición da aprendizaxe”. Incluso “máis tarde”, para a maioría dos alumnos, significaba o estudio previo ós exames. No mesmo traballo apuntábase que para ter éxito no exame o alumnado “aprendía o que fose, comprendéao ou non”, en función da importancia que lle outorgara o profesor. Neste contexto aprender non significa comprender, senón ser capaz de lembra-los apuntes no momento do exame.

Evidentemente, cando nos referimos á aprendizaxe das ciencias dentro do Proyecto AcAb (García-Rodeja, 1987, 1994), queremos supera-lo problema anterior e xerar unha aprendizaxe significativa (Ausubel, 1978), que poida ser empregada noutros contextos diferentes ó estrictamente escolar, xa que somentes o saber que implique comprensión é de utilidade nas situacións da vida real.

Proporcionáronse ó alumnado materiais impresos contendo as diferentes actividades. Nestes materiais diferéncianse distintas etapas:

- Unha primeira etapa de identificación da realidade elixida para estudar, mediante a percepción, a reflexión sobre cousas coñecidas polo alumnado, a realización de experiencias sinxelas, consulta de datos, ...
- Unha segunda etapa de sistematización dos coñecementos, tratando de busca-los modelos que xustifiquen o comportamento do sistema.
- Posteriormente, enfatízase no uso dos modelos para a elaboración de argumentos que constitúan esquemas de razoamento que xustifiquen as propiedades xa determinadas e se transfiran a outros casos similares. Os alumnos anotan as percepcións e interpretacións que realizan en cada actividade, sexa experimental ou teórica.

Esta última fase é de especial interese para o profesorado e o alumnado xa que servirá para contrastar e comproba-lo coñecemento aprendido. Ademais, dependendo da actividade da que se trate, preséntase un resume das explicacións que en cada momento poida da-la profesora.

As actividades planifícanse de forma que se dean oportunidades ó alumnado de facer explícitas as súas ideas para que sexan conscientes delas e das dos demais. Tamén se pretende da-la oportunidade de diferenciar entre o seu coñecemento e o coñecemento proposto pola ciencia escolar, facendo explícitas as súas conclusións e elaborando os seus propios argumentos para xustificalas. Posto que algunhas destas ideas son resistentes ó cambio, non é suficiente plantexa-lo conflito ou feito discrepante, senón que hai que idear actividades para introducir novas ideas e aplicalas en contextos variados, a través de diferentes estratexias (Hewson, 1981; Posner, Strike, Hewson e Gertzog, 1982).

O alumnado garda os materiais nunha carpetiña, de maneira que poidan recorrer a eles cando consideren necesario.

Cando as actividades así o requiren lévanse a cabo de forma individual, aínda que a maioría das actividades propostas realízanse en pequenos grupos, o que favorece o intercambio e a comunicación das ideas entre o alumnado e coa profesora. Deste modo foméntase a actividade do alumno no proceso de aprendizaxe, o traballo cooperativo entre iguais e destes co experto. Créase así un clima de aula no que alumnos e alumnas se sinten útiles, necesarios e protagonistas do que se está a facer, polo que se establecen condicións que favorecen o desenvolvemento do proceso de ensino-aprendizaxe.

1.5. A corrección das probas de caracterización da mostra

A modo de exemplo descríbese como se corrixiron as probas 3 e 4 de caracterización inicial da mostra. Esta información considérase necesaria para indicar ó lector como se elaboraron os esquemas de acción do alumnado.

1.5.1. Proba 3 de caracterización inicial da mostra

Lembremos que a proba 3 é unha proba escrita (Cadro I), na que se lle plantexan ó alumnado cuestións relativas ó nome do termómetro, á súa utilidade, ó significado das divisións da escala, ó valor das mesmas e á temperatura que marca o termómetro representado na figura da proba. Os resultados desta proba complementáanse cos obtidos mediante a proba 4, unha entrevista estruturada (Cadro I), na que se lles preguntan ó alumnado cuestións relacionadas coa localización do 0 °C e do 100 °C, coa lectura da temperatura indicando o sistema ó que corresponde, co proceso de posta a cero do termómetro, e ponse énfase na forma na que o alumnado suxeita o termómetro.

UNIDADES DE ANÁLISIS / ALUMNOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	F	CD
RESPUESTAS																							
Ítem 1																							
1. Termómetro	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	20	T1
Ítem 2																							
1. Para medir la temperatura	+	+		+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	18	M14, T2
2. Para medir los grados centígrados del agua			+																			1	M14, T2
3. Para ver si tienes mucha fiebre																			+			1	M14, T2
Ítem 3																							
1. Para saber la temperatura que mide el termómetro	+						+				+		+	+	+	+	+	+		+	+	12	T2
2. Para saber los grados centígrados		+	+	+																		3	T2
3. Los grados										+	+									+		3	
4. Los centímetros (décimas)							+					+										2	
Ítem 4																							
10°C / 2°C		+		+	+	+									+	+					+	7	T3, T5
10° / 2°	+																					1	T5
5°C / 1°C										+							+			+		3	T3
1 grado			+																	+		2	T4
1 grado centímetro cúbico - 5 gramos centímetro cúbico													+									1	T4
10 cm / 5 cm												+										1	T4, T5
centímetros / milímetros																		+				1	T4
°C / mm°							+								+							2	T4
vale 4 pequeñas / dos grandes								+		+												2	T4
Ítem 5																							
52°C		+		+	+	+								+	+						+	7	T3, T5
52°	+																					1	T4, T5
52 cm												+										1	T4, T5
71°C										+												1	T3, T6
6°C																				+		1	T3, T6
51		+					+	+			+								+			5	T4, T6
5,1										+								+				2	T3, T6
25															+			+				2	T4, T6
NO REALIZAN LA PRUEBA					+																	1	
F = frecuencia: número de alumnos e alumnas de vinte que realizaron a proba CD = código que se utiliza para elaborar los esquemas. M = incremento de temperatura. T = Termómetro.																							

Táboa III. Proba 3, de caracterización inicial. Vaciado de respostas

A dificultade do estudio interpretativo desta proba reside en que non se debe perde-la visión global da mesma á hora de valora-las respostas e explicacións aportadas polo alumnado. Cada pregunta téñ interaccións coa proba 4 (Cadro I), que serán fundamentais para proceder á súa análise.

Analizáronse as respostas e explicacións do alumnado a cada un dos cinco ítems dos que se compón a proba. As características das respostas organizáronse en diferentes categorías coas que se elaborou a Táboa III, como xa se fixera noutros traballos (Domínguez e col., 1998b, 1999c).

Na primeira columna da esquerda, indícanse as respostas do alumnado a cada un dos ítems. Seguen a esta primeira outras vintetrés columnas. As vinteunha primeiras están numeradas consecutivamente desde o un ó vinteún. Estes números coinciden cos atribuídos a cada alumno na clase. As dúas últimas están encabezadas polos símbolos F e CD. Corresponden ámbolos dous símbolos, F, á frecuencia -número de alumnos e alumnas que dan unha determinada resposta- e, CD, ó código empregado na construción dos esquemas de acción do alumnado: neste caso, como se indica na parte inferior da táboa, T corresponde ás accións que se repiten ó longo das diferentes probas, constituíndo o que denominamos, esquema de acción **termómetro**. Os subíndices indican o número de orde que se establecerá na Táboa V.

1.5.2. Proba 4 de caracterización inicial da mostra

Tal como indicamos anteriormente, a proba 4 (Cadro I) consiste nunha entrevista estruturada mediante a que se pretende averiguar se o alumnado ten habilidades de manipulación do termómetro empregado no laboratorio (-10 °C a 210 °C); se sabe empregar este instrumento para medi-la temperatura ambiente, neste caso a do aire da clase, e que estratexias emprega para resolve-lo problema de poñer a 0 °C o termómetro. Esta proba é complementaria da 3. As características das respostas e explicacións dos alumnos a esta entrevista recóllense na Táboa IV.

Consideramos que unha descrición detallada das citadas táboas contribuíría a clarificar aínda máis as características das respostas do alumnado, pero non nos é posible facelo, por falla de espacio, no marco deste traballo.

1.6. A elaboración dos esquemas

Indicouse no apartado anterior a clave de análise, por ítems, das probas 3 e 4. Para cada unha das restantes probas procedeuse da mesma maneira. Obtivemos así diferentes táboas de datos a partir das que seleccionámo-las distintas relacións que representan; como se indicou anteriormente, as

UNIDADES DE ANÁLISIS / ALUMNOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
RESPUESTAS																						F	CD
Ítem 1																							
Señala el 0°C																							
Correctamente	+	+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	19	T7
Señala el 100°C																							
Correctamente	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+		+			+		+		14	T8
En el 200°C										+	+				+	+	+		+			6	
Ítem 2																							
Lectura del termómetro																							
valor numérico y unidad correctos		+		+		+		+						+		+					+	7	T3, T5
valor numérico correcto y unidad incorrecta	+											+										2	T4, T5
valor numérico incorrecto y unidad correcta										+							+			+		3	T3, T6
valor numérico incorrecto y no expresa unidad			+				+		+	+		+		+			+	+				8	T4, T6
Correspondencia de la temperatura																							
Aire		+	+	+		+	+	+		+	+		+	+		+	+	+	+	+		13	T9
Ambiente	+																				+	2	T9
Tiempo (referido al clima)									+								+					2	T10
Clase											+	+		+								3	T9
Sujeta el termómetro por																							
Por el extremo superior y vertical	+																					1	T14
Por el extremo superior y horizontal						+		+	+													3	T14
Por el bulbo, verticalmente							+							+		+						3	T15
Por el bulbo, horizontalmente			+	+		+		+	+	+		+					+	+	+	+		11	T15
Ítem 3																							
Poniéndolo en un lugar frío, hielo por ejemplo	+																					1	T11
Poniéndole una cosa fría en el bulbo						+		+	+													3	T12
Poniéndolo en un lugar frío, ejemplo la ventana														+		+					+	3	T12
Agitándolo		+		+			+			+	+	+	+		+		+	+	+	+		12	T13
Dándole calor			+																			1	
NO REALIZARON LA PRUEBA					+																	1	
F = frecuencia: número de alumnos e alumnas de veinte que realizaron a prueba CD = código que se utiliza para elaborar los esquemas. T = Termómetro.																							

Táboa IV. Características das respostas dos alumnos á proba inicial 4

accións activadas polo alumnado e que nos permitiron elabora-los seus esquemas de acción. No presente traballo só se estudian os esquemas de acción correspondentes ó uso do termómetro para medi-la temperatura dun sistema, antes e despois da aplicación da proposta didáctica. Ilústranse nas táboas V e VI.

Nestas táboas, na columna da esquerda, dispóñense as relacións atopadas na análise de respostas (Táboas III e IV) ós diferentes ítems das probas 3 e 4 (Cadro I). En cada unha das vinteunha columnas seguintes, enfrontados a cada unha das relacións da columna da esquerda, figuran os valores numéricos correspondentes ó número de veces que cada alumno activa esas relacións, respecto das probas 3 e 4 (Cadro I) das que se extraeron. Á dereita aparece o código atribuído a cada unha das relacións, que nos permitiu a súa sistematización.

ACCIONES / ALUMNOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	CD
Identifica el instrumento como un termómetro	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	T1
Indica que el termómetro se utiliza para medir la temperatura	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	T2
Identifica la unidad (°C) de la escala		3		3		3		3		2				2		3	2			3	3	T3
Indica unidades de la escala inadecuadas	2		2				3		3		2	3	3		3			3	3			T4
Indica el valor de las divisiones de la escala	3	3		3		3		3				3		3		3					3	T5
Indica un valor no aceptable de las divisiones de la escala			2				2		2	2	2		2		2		2	2	2	2		T6
Reconoce el punto 0°C	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	T7
Reconoce el punto 100°C	1	1	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1	1		1		1		1	T8
Valor numérico aceptable y unidad adecuada (°C)		2		2		2		2						2		2					2	T3,5
Unidad adecuada (°C) y valor numérico no aceptable										2							1			1		T3,6
Valor numérico aceptable y unidad inadecuada (≠ °C)	2										3											T4,5
Valor numérico no aceptable y unidad no adecuada			2				2		2	2	2		2	2				2	2			T4,6
<i>Puesta a cero del termómetro</i>																						
Por contacto con hielo	1																					T11
Por contacto con algo frío						1		1	1					1		1				1		T12
Agitándolo						1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		T13
<i>Se coge el termómetro</i>																						
Por la parte superior	1	1									1		1		1				1		1	T14
Por el bulbo			1	1			1		1	1		1					1	1		1		T15
<i>Relaciona la temperatura con</i>																						
El medio	2	2									2		2	1	2						2	T4,9
PRUEBAS																						F
Prueba 3	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	20
Prueba 4	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	20
NO REALIZAN LA PRUEBA						+																1

CD = código que se utiliza para elabora-los esquemas.
F = frecuencia: número de alumnos e alumnas de veinte que realizaron a proba.T = Termómetro.

Táboa V. Esquemas de acción **termómetro**. Relacións características e frecuencias de activación. Caracterización inicial

ACCIONES / ALUMNOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	CD	
Identifica el instrumento como un termómetro	3	3	3	3		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	T1	
Indica que el termómetro se utiliza para medir la temperatura	2	1	1	1		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	T2	
Identifica la unidad (°C) de la escala	2	1	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			2	2	2	2	T3	
Indica el valor de las divisiones de la escala	2	1	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			2	2	2	2	T5	
Reconoce el punto 0°C	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	T7	
Reconoce el punto 100°C	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1		1	1	1	1	T8	
Expresa el valor numérico y la unidad (°C)	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	T3.5	
Expresa un valor numérico erróneo y no indica la unidad																	1					T4.6	
Relaciona la temperatura con																							
El medio		2	2	2	2		2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	1	T9
Puesta a cero del termómetro																							
En equilibrio térmico con algo a 0 °C		1	1	1	1		1			1						1					1	1	T16
Por contacto con algo frío			1				1	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1				T12
Se toma el termómetro																							
Por la parte superior		2	2	1	1		2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	T14
PRUEBAS																						F	
Prueba 5		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	20
Prueba 6.1		+	+				+	+		+	+	+	+	+	+	+	+			+	+		13
Entrevista		+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	20

CD = Código que se utiliza para elabora-los esquemas.
F = frecuencia: número de alumnos e alumnas de veinte que realizaron a proba. T = Termómetro.

Táboa VI. Esquemas de acción **termómetro**. Relacións características e frecuencias de activación. Caracterización final

A partir das relacións mencionadas, que se repiten con regularidade nas respostas do alumnado (Táboas V e VI), representáronse graficamente os esquemas de acción (intercalados no texto a partir dos epígrafes 2.1 e 2.2) seguindo o referencial representativo da ciencia escolar (Figura I) e ordenáronse en niveis (Táboas VII e VIII) segundo a súa maior ou menor coincidencia co mencionado referencial.

Os esquemas de cada nivel difiren significativamente entre si, no valor adxudicado a variables e subesquemas así como nas relacións e inferencias que se establecen entre eles. Os valores e as relacións poñen de manifesto a cientificidade, a coherencia e a complexidade dos esquemas. En cada nivel establécense subniveis nos que agrupamos conxuntos de esquemas moi similares. As representacións gráficas dos esquemas de acción ilústranse en cada un dos niveis respectivos.

Como xa se advertiu anteriormente, os esquemas non foron elaborados polo alumnado senón que se inferiron a partir das súas respostas ás probas (Cadros I e II), que de forma directa ou indirecta se relacionan co uso do termómetro para medi-la temperatura.

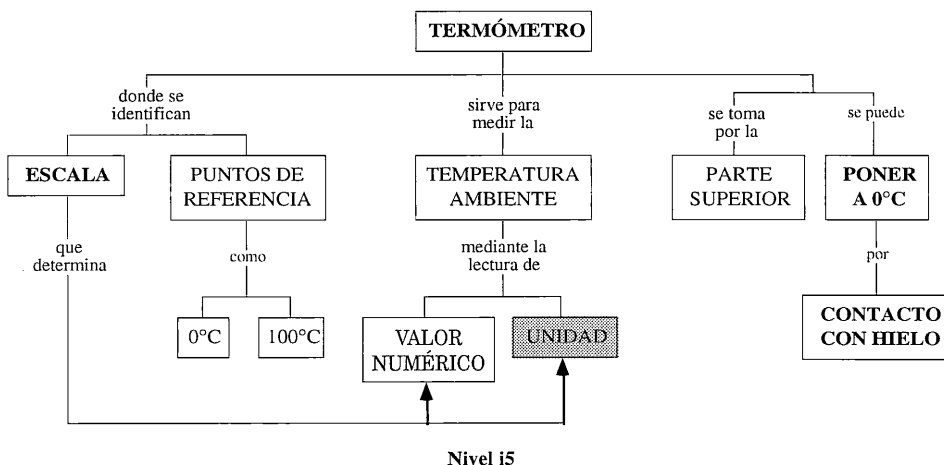
2. Resultados e Discusión

2.1. Esquemas de acción *termómetro*. caracterización inicial

Neste apartado descríbense os esquemas de acción que hipoteticamente emprega o alumnado para medi-la temperatura dun sistema, neste caso o aire da clase. Como indicamos no apartado anterior estes esquemas de acción extraíense preferentemente das accións que se fan explícitas nas respostas ás probas 3 e 4 (Cadro I) para a caracterización inicial da mostra e recóllense na Táboa V. As representacións gráficas dos esquemas de acción ós que nos referimos, nos que empregamos etiquetas con trama de puntos para indicalas variables que non coinciden coa ciencia escolar, ilústranse para cada un dos niveis respectivos. Os esquemas de acción fixeron posible a súa clasificación en diferentes niveis e subniveis segundo a súa maior ou menor coincidencia co esquema referencial (Figura I), esquema de acción representativo da ciencia escolar. Estes niveis indícanse na táboa VII. Descríbense a continuación os esquemas de acción xa mencionados.

Nivel i5 (alumno 1)

O esquema de acción incluído neste nivel representa a estrutura de coñecemento activada, máis próxima ó referencial representativo da ciencia escolar.



O alumno 1, activou o esquema dominante **termómetro** e os subesquemas **escala, poner a 0°C, contacto con hielo**. Tamén activou a variable *puntos de referencia*, á que se lle asignaron os valores 0 °C e 100 °C; e as variables *temperatura ambiente, valor numérico, unidad y parte superior*.

Na parte central relaciónase o esquema dominante **termómetro** coas variables *temperatura ambiente*, *valor numérico* e *unidad*. Por medio destas relacións faise explícita a utilidade do termómetro para medi-la temperatura do aire da clase, e ponse de manifesto que se le correctamente o valor numérico, aínda que non se identifica a unidade, polo que se representa a etiqueta correspondente con trama de puntos. Ámbalas dúas variables tamén se relacionan co subesquema **escala**, para poñer de manifesto que quedan determinadas pola escala do termómetro.

Tamén, na esquerda do esquema, relaciónase o subesquema **escala** coa variable *puntos de referencia*, á que se lle asignan os valores 0°C e 100°C , para indicar que se recoñecen ámbolos dous valores, condición necesaria para proceder a unha correcta lectura da temperatura pois determinan os valores das divisións da escala do termómetro.

Na parte dereita do esquema establécense as relacións entre o esquema dominante **termómetro**, a variable *parte superior* e o subesquema **poner a 0°C** e, éste, co subesquema **contacto con hielo** (fundente). Estas relacións establecen a integración entre o saber e o saber facer, poñendo de manifesto

unha determinada forma de razoamento que constitúe a xustificación da acción mediante o fundamento conceptual:

- A primeira das relacións indica que o alumno é consciente do lugar por onde se debe suxeita-lo termómetro e polo tanto do papel que xoga o bulbo do termómetro na medida da temperatura.

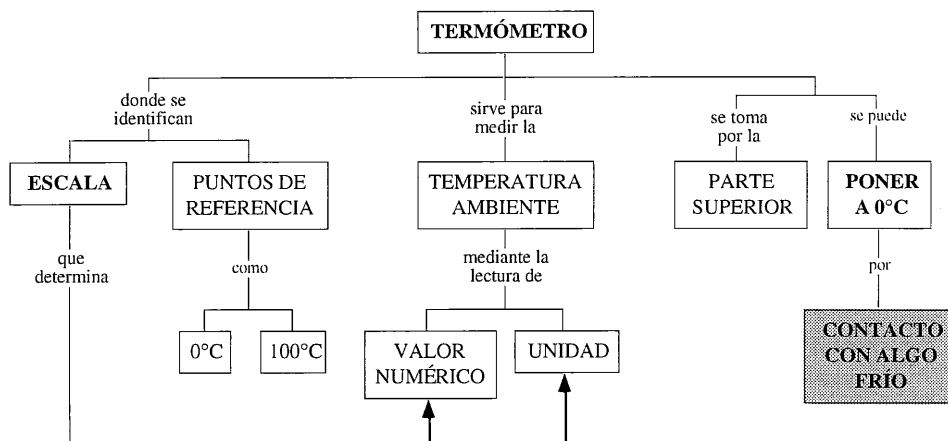
- A segunda das relacións fala de que o alumno non propón axita-lo termómetro para poñelo a cero, superando a dificultade que supón o coñecemento adquirido no contexto familiar, senón que suxire poñer o termómetro a 0°C por contacto con xeo (fundente). Proposta que se considera válida antes da instrución pois é frecuente atopa-la crenza entre o alumnado de que 0°C é a temperatura máis baixa que pode acadar o xeo, probablemente inferida da ensinanza de que a solidificación da auga pura ocorre a dita temperatura.

Nivel i4

Os dous esquemas incluídos neste nivel caracterízanse por indicar procedementos para a posta a cero do termómetro que se alonxan do punto de vista da ciencia escolar.

Subnivel i4a (alumna 21)

O esquema incluído neste subnivel non presenta problemas de aprendizaxe respecto da utilidade e manipulación do termómetro, así como da lectura da escala.

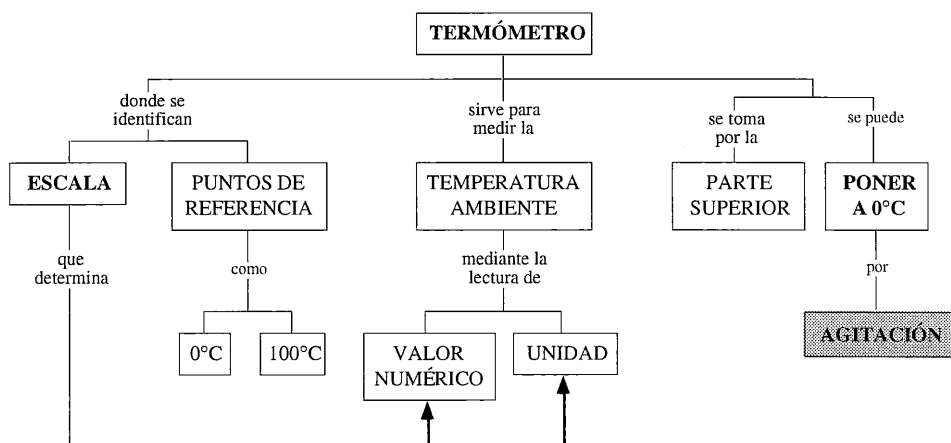


Nivel i4a

Nembargantes, para poñer a cero o termómetro indícase o procedemento de poñelo en contacto con algo frío, considerando dita sensación térmica como unha característica do sistema, e identificándoa co 0°C .

Subnivel i4b (alumno 2)

De forma semellante ó caso anterior, propónse un procedemento de posta a cero do termómetro non coincidente co referencial representativo da ciencia escolar. Establécese a relación do subesquema **poner a 0°C** co subesquema **agitación**, pola que se fai explícita a acción de axitar para baixa-la columna de mercurio ata o valor cero da escala, probablemente tomando como fundamento o coñecemento do termómetro clínico, facendo a transferencia do coñecemento dende o contexto familiar ó contexto da aula de ciencias.



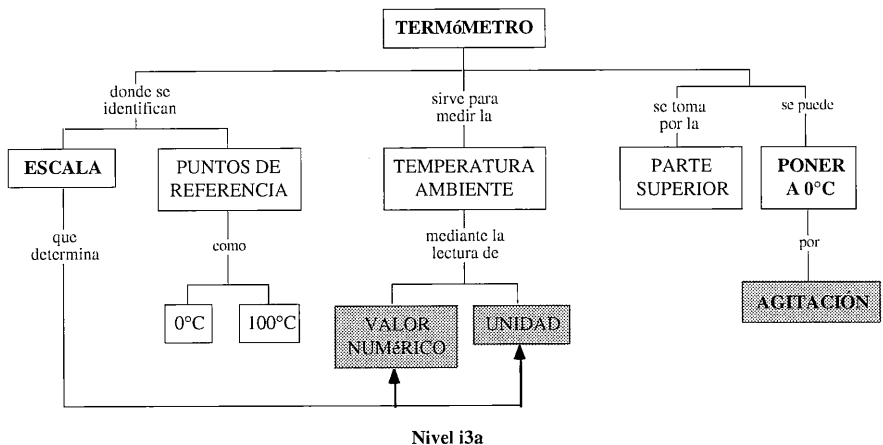
Nivel i4b

Nivel i3

Nos dous esquemas que se inclúen neste terceiro nivel, ademáis dos problemas relacionados coa posta a cero do termómetro, aparecen problemas relacionados coa escala e coa lectura da temperatura que marca o termómetro.

Subnivel i3a (alumno 11, alumna 13)

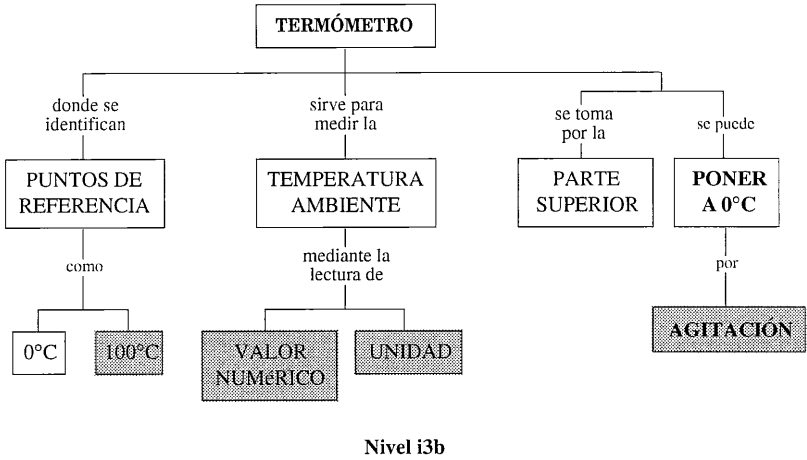
No esquema correspondente a este subnivel, represéntanse con trama de puntos as etiquetas representativas do subesquema **agitación** e das variables *valor numérico* e *unidad*.



Quérese indicar que o alumno e a alumna propoñen un procedemento non axeitado para a posta a cero do termómetro e non len ben o valor numérico da temperatura, nin identifican a unidade correspondente á devandita magnitude.

Subnivel i3b (alumna 15)

O esquema correspondente a este subnivel preséntanse os mesmos problemas que no subnivel anterior; pero ademáis represéntase con trama de puntos a etiqueta correspondente ó valor 100°C , co que se quere indicar que a alumna non distingue o punto 100°C no temómetro -10°C / 200°C .



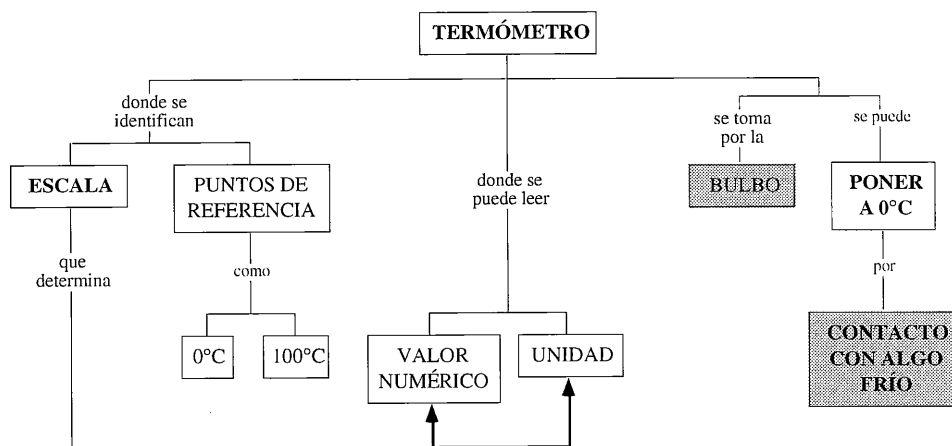
Nivel i2

Ademáis dos problemas relacionados coa posta a cero do termómetro, aparece un novo problema: non se relaciona a temperatura co sistema ó que corresponde.

Subnivel i2a (alumnas 6, 14, 16; alumno 8)

No esquema correspondente a este subnivel, desaparece a etiqueta correspondente á variable *temperatura ambiente* e a etiqueta da variable *bulbo* represéntase con trama de puntos.

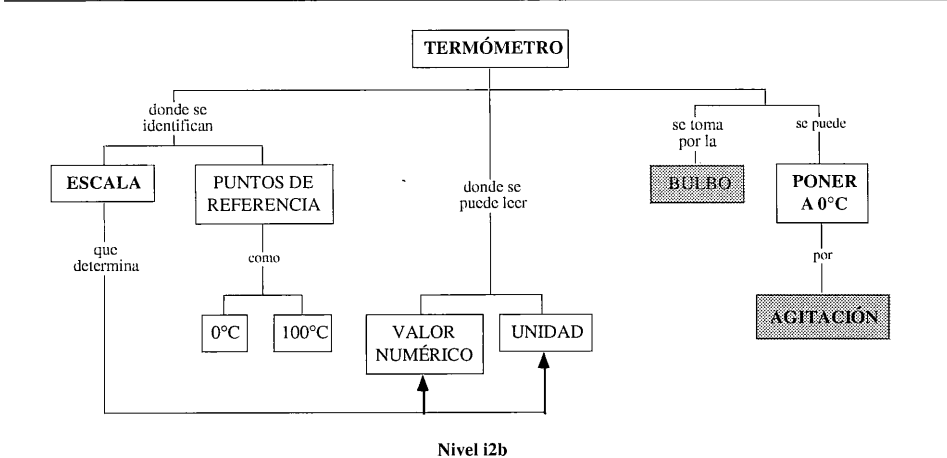
As alumnas e o alumno indican que están a medi-la temperatura do aire da clase sin darse de conta que están a suxeita-lo termómetro polo bulbo; non son conscientes de que a temperatura que marca o termómetro é a que corresponde ó seu corpo.



Nivel i2a

Subnivel i2b (Alumna 4)

O esquema incluído neste subnivel seméllase ó anterior, pero propónse como procedemento para poñer a cero o termómetro a axitación do mesmo.



Nivel i1 (alumnos 3, 12, 18, 19; alumnas 7, 9, 10, 17, 20).

Incluimos neste nivel accións illadas, moitas delas alonxadas da ciencia escolar, que non constitúen verdadeiras estruturas que poidamos considerar esquemas de acción, polo que non se diferencian subniveis.

Como indicabamos, nas respostas do alumnado, actívanse subesquemas e variables e establécense relacións (Táboas V e VI), que constitúen esquemas de acción. Xa que logo ponse de manifesto a existencia dunha estrutura de coñecemento propia e singular nas respostas do alumnado, que nós representamos.

Niveles —>	i5	i4a	i4b	i3a	i3b	i2a	i2b	i1	i1	i1	i1	i1	i1	i1	i1	i1	
Alumnado —>	1	21	2	11,13	15	6, 8, 14, 16	4	19	10, 20	17	9	12	7	18	3	CD	
<i>Ideas fundamentais</i>																	
Termómetro mide T ambiente	X	X	X	X	X												T2
Lo toma por la parte superior	X	X	X	X	X												T14
Lo pone a 0°C por equilibrio térmico	X																T11
Distingue 0°C	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	T7
Distingue 100°C	X	X	X	X		X	X	X			X			X		X	T8
Lee el valor numérico de T	X	X	X			X	X					X					T5
Identifica unidades de T		X	X			X	X		X	X							T3
<i>Ideas alejadas de la ciencia escolar</i>																	
No sabe lo que mide						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Lo toma por el bulbo						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	T15
Lo pone a 0°C con algo frío		X				X					X						T12
Lo pone a 0°C agitándolo			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X			T13
No distingue el 0°C																	X
No distingue el 100°C					X				X	X		X		X			
No lee el valor numérico de T				X	X			X	X	X	X		X	X	X	X	T6
No identifica unidades de T	X			X	X			X				X	X	X	X	X	T4
i = código que se utiliza para denomi-nar los esquemas de caracterización inicial																	
CD = código que se utiliza para elabora-los esquemas. T = termómetro.																	

Táboa VII. Esquemas de acción *termómetro*. Niveis i e relacións características

Os esquemas diferéncianse entre si nos valores que limitan ós subesquemas e ás variables, así como nas relacións que se establecen entre eles, o que fai posible ordenar estes esquemas en diferentes niveis e subniveis, de caracterización inicial da mostra, ós que denominamos niveis *i* (Táboa VII) en función da súa maior ou menor proximidade ó esquema referencial representativo da estrutura do coñecemento procedimental da ciencia escolar (Figura I). Isto facilita a posibilidade de cuantificala evolución que se produce na aprendizaxe de cada alumno ou alumna, antes e despois da aplicación da proposta didáctica e, en consecuencia, a posibilidade de estudiala significación estatística das diferencias existentes.

Os niveis indícanos a existencia de diferencias significativas nas estruturas de acción que activa o alumnado cando utiliza o termómetro para medi-la temperatura. Neste caso poidéronse establecer un total de 5 niveis para a caracterización inicial (Táboa VII).

Os subniveis indícanos a existencia de alumnas e alumnos ou de grupos de alumnos e alumnas, cuns esquemas de acción moi similares. Para a caracterización inicial da mostra, poidéronse establecer 6 subniveis.

A análise dos esquemas de acción **termómetro** pon en evidencia que, respecto da caracterización inicial, en moitos casos, algúns dos elementos constituíntes do marco procedimental que empregan os alumnos cando utilizan o termómetro para medi-la temperatura dun sistema (aire da clase), alóñxanse do punto de vista da ciencia escolar. Unha síntese dos mesmos reflíctese na Táboa VII na que se pode observar:

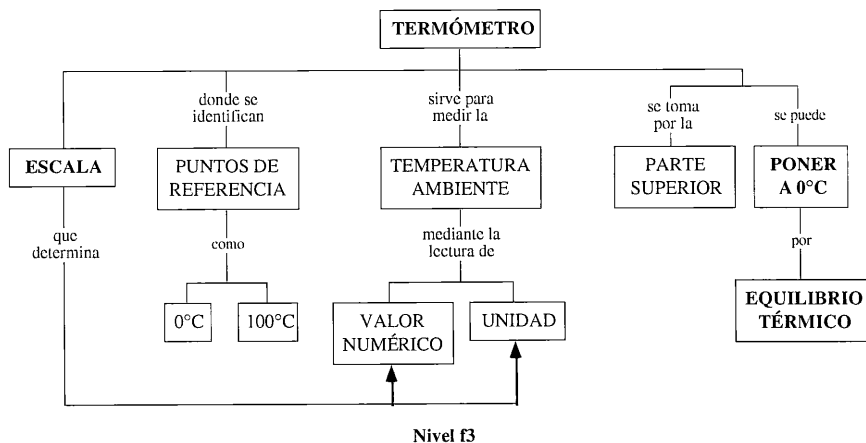
- Os hábitos inadecuados detectados respecto das técnicas instrumentais relacionadas coa manipulación do termómetro.
- A carencia de destrezas de investigación detectada respecto da estimación de medidas, do rexistro cuantitativo de datos e da precisión do termómetro.
- A carencia de estratexias de razoamento para resolve-lo problema de poñer a 0 °C o termómetro do laboratorio. Probablemente a ignorancia do coñecemento básico respecto do equilibrio térmico (principio cero da termodinámica) induce ós estudantes a axita-lo termómetro, en clara referencia ó contexto familiar. Lembremos que o alumnado cando aprende procedementos faino sen deslimalos dos conceptos xa que, consciente ou inconscientemente, inclúeos nun único contexto.

2.2. Esquemas de acción **termómetro**. caracterización final

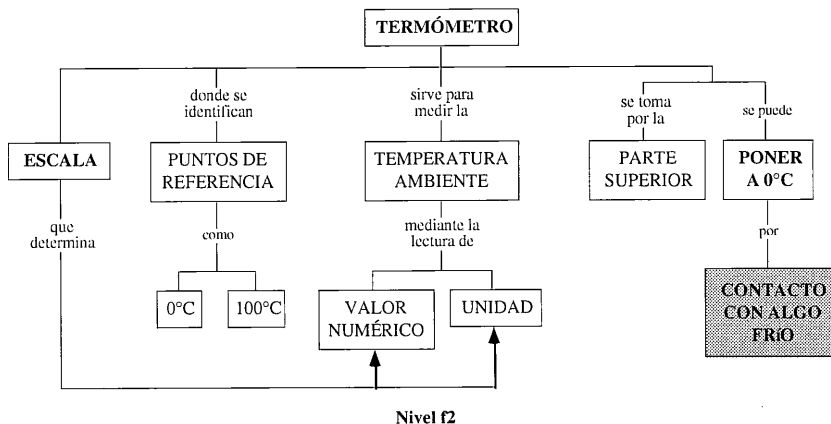
Despois da intervención ca proposta didáctica e realizáda-las probas de caracterización final elaboráronse os esquemas de acción, *f*, do alumnado e categorizáronse en diferentes niveis (Táboa VIII), nos que o nivel *f3* é o de orde superior. Descríbense a continuación os devanditos esquemas de acción.

Nivel f3 (Alumnos 1 e 2; alumnas 4, 6, 10, 16, 20 e 21)

Incluimos neste nivel os esquemas de acción dos alumnos e alumnas indican e que coinciden co referencial representativo da ciencia escolar (Figura 1).

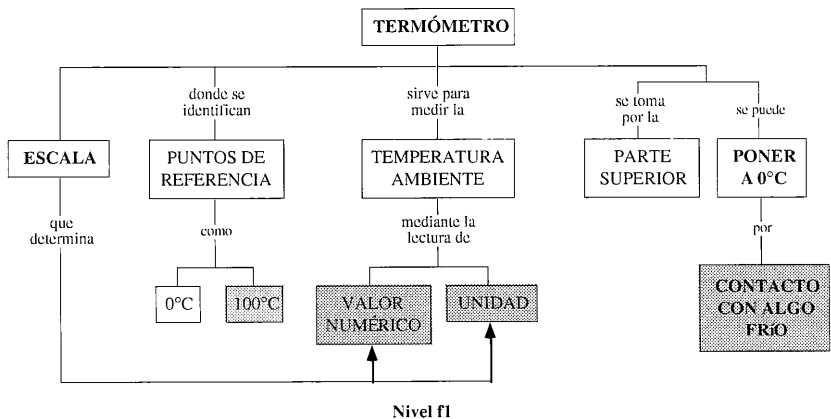
**Nivel f2** (alumnos 3, 8, 11, 12, 18, 19; alumnas 7, 9, 13, 14 e 15)

Incluimos neste quinto nivel os esquemas de acción do alumnado. Representase con trama de puntos o subesquema **contacto con algo frío** para indicar a persistencia do problema na aprendizaxe da posta a cero do termómetro, pois ditos alumnos e alumnas siguen proponendo como procedemento a posta en contacto do termómetro con algo frío.



Nivel f1 (alumna 17)

Ademáis do subesquema *contacto con algo frío*, represéntanse con trama de puntos as variables *valor numérico* e *unidad*, así como o valor 100°C. Esta alumna non identifica o punto de referencia 100°C no termómetro -10°C/ 210°C, non le correctamente o valor da temperatura e non identifica a unidade correspondente.



Pódese observar na Táboa VIII unha diminución do número de niveis. Isto indica que a mostra fíxose máis homoxénea, o que fai supoñer-la influencia positiva da proposta didáctica dende o punto de vista do progreso na aprendizaxe do coñecemento procedimental do alumnado cara o punto de vista da ciencia escolar.

Os datos da Táboa VIII, referidos á caracterización final próxima da mostra, presentan un marcado avance respecto á caracterización inicial.

Niveis —>	f3	f2	f1	
Alumnado —>	1, 2, 4, 6, 10, 16, 20, 21	3, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19	17	CD
<i>Ideas fundamentais</i>				
Termómetro mide T ambiente	X	X	X	T2
Lo toma por la parte superior	X	X	X	T14
Lo pone a 0°C por equilibrio térmico	X			T16
Distingue 0°C	X	X	X	T7
Distingue 100°C	X	X		T8
Lee el valor numérico de T	X	X		T3,5
Identifica unidades de T	X	X		T4,6
<i>Ideas alejadas de la ciencia escolar</i>				
Lo pone a 0°C con algo frío		X	X	T12
No distingue el 100°C			X	
No lee el valor numérico de T			X	
No identifica unidades de T			X	
f = código que se utiliza para denomina-los esquemas de caracterización final. CD = código que se utiliza para elabora-los esquemas. T = termómetro.				

Táboa VIII. Esquemas de acción *termómetro*. Niveis f e relacións catacterísticas

Practicamente a totalidade do alumnado, excepto a alumna 17, suxeitan adecuadamente o termómetro, len correctamente o dato de temperatura e relaciónano co sistema ó que corresponde. Hai que destacar que siguen persistindo problemas de aprendizaxe respecto das estratexias empregadas para poñer a cero o termómetro, probablemente, como indicamos anteriormente, relacionados coa aprendizaxe do uso do termómetro en contextos diferentes ó da aula de ciencias.

Unha das ventaxas deste tipo de análise é que non precisa probas idénticas, un mesmo número de ítems, ou establecer rendimentos porcentuais para ser comparables. Igual que ordenamos independentemente os esquemas *i* das probas iniciais e os esquemas *f*, das probas finais, podemos ordenalos conxuntamente segundo a súa aproximación ó esquema referencial, niveis *g* (Táboas IX e X). Nenbargantes hai que sinalar que as dificultades e posibles erros nesta categorización son maiores canto maior sexa o número de estruturas que teñamos que ordenar ou máis variadas sexan as probas nas que os estudantes as puxeran en xogo. Na táboa IX, non figura o nivel *go* correspondente ó nivel *i1*.

Niveis <i>g</i>	Niveis <i>i, f</i>	CARACTERÍSTICAS	
<i>g5</i>	<i>f3</i>	O termómetro mide a T ambiente. Toma o termómetro pola parte superior. Pon o termómetro a 0°C por equilibrio térmico.	Distingue 0°C e 100°C. Lee adecuadamente o valor numérico. Pon unidades.
<i>g4</i>	<i>i5</i>	O termómetro mide a T ambiente. Toma o termómetro pola parte superior. Pon o termómetro a 0°C por equilibrio térmico.	Distingue 0°C e 100°C. Lee adecuadamente o valor numérico. Non pon unidades.
<i>g3</i>	<i>f2, i4a</i>	O termómetro mide a T ambiente. Toma o termómetro pola parte superior. Pon o termómetro a 0°C con algo frío.	Distingue 0°C e 100°C. Lee adecuadamente o valor numérico. Pon unidades.
	<i>i4b</i>	O termómetro mide a T ambiente. Toma o termómetro pola parte superior. Pon o termómetro a 0°C axitándoo.	Distingue 0°C e 100°C. Lee adecuadamente o valor numérico. Pon unidades.
<i>g2</i>	<i>i3a</i>	O termómetro mide a T ambiente. Toma o termómetro pola parte superior. Pon o termómetro a 0°C axitándoo.	Distingue 0°C e 100°C. Non le adecuadamente o valor numérico. Non pon unidades.
	<i>f1, i3b</i>	O termómetro mide a T ambiente. Toma o termómetro pola parte superior. Pon o termómetro a 0°C axitándoo.	Distingue 0°C pero non distingue 100°C. No lee adecuadamente el valor numérico. Non pon unidades.
<i>g1</i>	<i>i2a</i>	Toma o termómetro polo bulbo. Pon o termómetro a 0°C con algo frío. Non sabe o que mide.	Distingue 0°C pero non distingue 100°C. Lee adecuadamente el valor numérico. Pon unidades.
	<i>i2b</i>	Toma o termómetro polo bulbo. Pon o termómetro a 0°C axitándoo Non sabe o que mide.	Distingue 0°C pero non distingue 100°C. Le adecuadamente o valor numérico. Pon unidades.

i : código para designa-los niveis correspondentes á caracterización inicial da mostra.

f : código para designa-los niveis correspondentes á caracterización final próxima da mostra.

g: código para designa-los niveis globais utilizados para comparar e ordena-los niveis *i, f*.

Táboa IX. Esquemas de acción *termómetro*. Niveis *g* e relacións características

Con estas limitacións de partida, recóllense na Táboa IX os niveis *i* e *f* ordenados segundo os novos niveis *g*, na que tamén se inclúen as

características dos esquemas indicando en cursiva aquelas relacións que se alonxan do punto de vista da ciencia escolar. Na táboa X recóllense as frecuencias correspondentes a cada nivel *g*.

Dos datos das devanditas Táboas IX e X, parece inferirse unha evolución importante nas estruturas de coñecemento procedimental utilizadas polo alumnado cando teñen que utiliza-lo termómetro para medi-la temperatura dun sistema, no noso caso a temperatura do aire da clase.

De feito, si realizamos un contraste estadístico non-paramétrico mediante a T de Wilcoxon, obtemos que se produciron diferencias significativas a nivel de $\alpha = 0,001$ ($z = 3,944$).

Niveis <i>g</i>	Niveis <i>i</i>	Alumnado N = 20	Niveis <i>f</i>	Alumnado N = 20
<i>g5</i>			<i>f3</i>	8
<i>g4</i>	<i>i5</i>	1		
<i>g3</i>	<i>i4a, i4b</i>	2	<i>f2</i>	11
<i>g2</i>	<i>i3a, i3b</i>	3	<i>f1</i>	1
<i>g1</i>	<i>i2a, i2b</i>	5		
<i>g0</i>	<i>i1</i>	9		

Táboa X. Esquemas de acción **termómetro**. Contraste de esquemas *i, f*.

3. Conclusións e implicacións

As respostas do alumnado conteñen relacións entre subesquemas e variables que poden repetirse cunha certa regularidade, constituíndo esquemas de acción, que permiten ordenalos en niveis pola súa proximidade á ciencia escolar. A posibilidade de categorizalos desta maneira facilita a diferenciación entre eles e a valoración do progreso na aprendizaxe.

A activación de esquemas de acción relacionados co uso do termómetro para a medida da temperatura dun sistema (aire da clase) é frecuente na mostra utilizada. O alumnado ten un coñecemento básico, experiencial e procedimental sobre dito problema.

Detectáronse cambios no número de niveis e subniveis, e diferencias significativas entre os esquemas iniciais e finais dos alumnos, o que permite apreciar-los efectos, na aprendizaxe, da proposta didáctica utilizada. Aínda que é evidente o progreso, nin éste é homoxéneo, nin se superan tódalas dificultades. Haberá que seguir investigando...

Pero en relación coa hipótese que nos plantexamos, podemos dicir que:

- Os esquemas de acción modifícanse cando se produce una intervención intencionada e, polo tanto, é posible avaliar con eles o progreso na aprendizaxe.
- Os esquemas de acción son instrumentos válidos para avaliar o progreso na aprendizaxe do coñecemento procedimental relacionado co uso do termómetro e coa posta en práctica de estratexias de medida da temperatura dun sistema (aire da clase).

Se comparámo-los resultados do presente traballo, *esquemas de acción*, cos de outros realizados coa mesma mostra (Domínguez, et al. 1998 b, 1999), nos que se estudian os *esquemas de razoamento* que emprega o alumnado para xustifica-las súas respostas a determinadas interrogantes, pódese concluír que a aprendizaxe de accións é diferente que aprendizaxe de conceptos, resultando que a mostra, despois da intervención coa proposta didáctica, homoxeneizouse máis para os primeiros (menos niveis) que para os segundos.

¿De que maneira a aplicación da proposta didáctica foi responsable do progreso no coñecemento do alumnado cara puntos de vista máis cercanos ó da ciencia escolar? A resposta a esta pregunta é outro dos obxectivos da nosa investigación de tese de doutoramento. De tódolos xeitos, vistos o resultados deste traballo e doutros anteriores xa citados, coincidimos con Gott e Duggan (1995) en que unha simple aplicación do currículo tradicional non é condición suficiente para que os alumnos adquiran técnicas, así como estratexias de resolución de problemas que lles permitan facelas útiles na aprendizaxe significativa do novo coñecemento. Consecuentemente consideramos necesario deseñar e ensaiar estratexias de ensinanza concretas que incidan de forma inequívoca na aprendizaxe de procedementos, aínda que implique impartir menos contidos conceptuais (Pro, 1995). É preciso (Kesidou e Duit, 1993) un enfoque do ensino da calor, da temperatura e da enerxía, totalmente novo e neste enfoque as técnicas e as estratexias, deben constituír unha parte central e integral dende o principio da instrucción.

Agradecementos

Manifestámo-lo noso agradecemento:

Á Xunta de Galicia polo financiamento do *Proyecto AcAb: un diseño curricular para la enseñanza de las Ciencias Experimentales*. XUGA22701B93.

Á Comunidade Educativa do Colexio Publico de Vite de Santiago de Compostela, pola súa colaboración.

Bibliografía

- Alvarez, V.M.; Bernal, M. y García-Rodeja, E. (1998). *Destrezas argumentativas en Física: un estudio de caso utilizando problemas sobre flotación*. En Banet, E. y De Pro, A. (coords.) *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*. Lleida: DM.
- Anderson, J.R. (1983). *The architecture of cognition*. London: Harvard University Press.
- Arnay, J. (1997). *Reflexiones para un debate sobre la construcción del conocimiento en la escuela: hacia una cultura científica escolar*. En Rodrigo, M.J. y Arnay, J. (compiladores). *La construcción del conocimiento escolar*. Barcelona: Paidós.
- Caamaño, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación. *Aula*, 9, 61-68.
- Ausubel, D.P.; Novak, J.D. y Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology. A Cognitive View*, 2ª. ed. Nueva York: Holt, Rinehart & Winston. 1ª edición en castellano (1983). *Psicología Educativa*. México: Trillas.
- Bromme, R. (1998). Conocimientos profesionales de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 19-29.
- Claxton, G. (1991). *Educating the inquiring mind. The challenge for school science*. London: Harvester. 1ª edición en castellano (1994). *Educación mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. Madrid: Visor.
- Cleminson, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 429-445.
- Coll, C. (1983). *La construcción de esquemas de conocimiento en el proceso de enseñanza/aprendizaje*. En Coll, C. (ed.). *Psicología genética y aprendizajes escolares*. Madrid: Siglo XXI.
- Coll, C. y Valls, E. (1992). *El aprendizaje y la enseñanza de los procedimientos*. En Coll, C.; Pozo, J.I.; Sarabia, B.; Valls, E. *Los contenidos de la reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Madrid: Santillana.
- Couce, A.; Domínguez, J.M.; Alvarez, V. (1998). *Argumentación del alumnado de 2º de E.S.O. sobre un problema relacionado con la formación de sombras*. En: Martínez Losada, C. y García Barros, S. (Editoras). *La Didáctica de las Ciencias. Tendencias actuales*. Coruña: Servicio de Publicacións da Universidade da Coruña.
- De Pro Bueno, A. (1995) Reflexiones para la selección de contenidos procedimentales en ciencias. *Alambique*, 6, 77-87.

- De Pro, A. e Saura, O. (1995). The study of waves: Sound and Light. Didactic unit planning for High School students, *Comunicación presentada en la Conferencia de ESERA*, Leeds.
- Del Carmen, L. (1995). Enfoques investigativos en la enseñanza y secuenciación de contenidos. *Investigación en la Escuela*, 25, 17-25.
- DiMarco, W. y Turner, T. (1998). *The place of science in the curriculum*. En Turner, T. y DiMarco, W. *Learning to teach Science in the Secondary School. A companion to school experience*. London: Routledge.
- DiMarco, W. y Turner, T. (1998). *The role of language in teaching and learning science*. En Turner, T. y DiMarco, W. *Learning to teach Science in the Secondary School. A companion to school experience*. London: Routledge.
- Domínguez, J.M.; García-Rodeja, E.; De Pro, A. e Illobre, M.A. (1996). Explorando procedimientos: o termómetro. *Boletín das Ciencias*, 28, 63-74.
- Domínguez, J.M. e Illobre, M.L. (1997). Calefacción y refrigeración. En AA.VV. *Aprendiendo Ciencias en la Enseñanza Secundaria*. Santiago de Compostela: Servicio de Publicacións e Intercambio Científico de la U.S.C.
- Domínguez, J.M.; De Pro, A.; García-Rodeja, E. (1998a). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y la temperatura: un estudio transversal. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 461-475.
- Domínguez, J.M.; De Pro, A. García-Rodeja, E. e Illobre, M.A. (1998b). *Esquemas conceptuales de los alumnos de secundaria sobre el modelo de partículas de la materia*. En Banet, E. y De Pro, A. (coords.) *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*. Lleida: DM.
- Domínguez, J.M.; De Pro, A. García-Rodeja, E. e Illobre, M.A. (1999). *Esquemas de razonamiento del alumnado de E.S.O.: interpretación del posible comportamiento de un sistema cuando intercambia energía con una fuente*. En: Martínez Losada, C. y García Barros, S. (Editoras). *La Didáctica de las Ciencias. Tendencias actuales*. Coruña: Servicio de Publicacións da Universidade da Coruña.
- Duschl, R.A. (1990). *Restructuring Science Education*. New York: Teachers College Press. 1ª edición en castellano (1997). *Renovar la Enseñanza de las Ciencias*. Madrid: Narcea.
- Duschl, R.A. (1995). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las ciencias*, 13 (1), 3-14.
- Elliot, J. (1990). *La investigación-acción en educación*. Madrid: Morata.
- Flavell, J.H. (1993). *El desarrollo cognitivo*. Madrid: Visor aprendizaje.
- García-Estañ, R.; De Pro, A.; Sanchez, G.; Valcárcel, M.V. (1988). *El aprendizaje de la Física en EGB. Explicación diagnóstica en Murcia*. Murcia: ICE de la Universidad.
- García-Rodeja, E., Lorenzo Barral, F.M., Domínguez Castiñeiras, J.M. y Díaz de Bustamante, J. (1987). *Proyecto AcAb. Química. Una visión de la Enseñanza Integrada de la Química por medio de Actividades Abiertas*.

- Santiago de Compostela: Servicio de Publicacións e Intercambio Científico de la U.S.C.
- García-Rodeja, E., Lorenzo Barral, F.M., Domínguez Castiñeiras, J.M., (1994). *Proyecto AcAb. Física. Actividades Abiertas para una Enseñanza Integrada de la Física*. Santiago de Compostela: Servicio de Publicacións e Intercambio Científico da U.S.C.
- Giere, R.N. (1994). The cognitive structure of scientific theories. *Philosophy of Science*, 61, 276-296.
- Gott, R y Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham-Philadelphia: Open University Press.
- Head, J. (1985). *The personal Response to Science*. London: Cambridge University Press.
- Hewson, P.W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3(4), 383-396.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313.
- Jiménez, M.P. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 203-216.
- Kesidou, S. y Duit, R., (1993). Student's Conceptions of the Second Law of Thermodynamics - An Interpretive Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (1), 85-106.
- Latour, B. (1992) *Ciencia en acción*. Barcelona: Labor.
- Levine, I.N. (1995). *Físico Química*. Madrid: McGraw-Hill.
- Millar, R.H. y Driver, R. (1987). Beyond Processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- Minsky, M. (1986). *La sociedad de la mente: la inteligencia humana a la luz de la inteligencia artificial*. Buenos Aires: Galápagos.
- Monereo, C. (1997). *La construcción de conocimiento estratégico en el aula*. En Pérez, M.L. (Coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de estrategias desde el curriculum*. Barcelona: Horsori.
- Monereo, C. y Castelló, M. (1997). *Las estrategias de aprendizaje. Como incorporarlas a la práctica educativa*. Barcelona: Edebé.
- Norman, D.A. (1987). *Perspectivas de la ciencia cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- Pérez, M.P. y Pozo, J.I. (1994). *Aprender a resolver problemas y resolver problemas para aprender*. En Pozo, J.I. (ed.) *Solución de problemas*. Madrid: Santillana.
- Phillips, D.C. (1998). *Coming to Grips With Radical Social Constructivisms*. En Matthews (edc.), *Constructivism in Science Education. A Philosophical Examination*. 139-158. Dordrecht. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Posner, G.J.; Strike, K.A.; Hewson, P.W. y Gertzog, W.A. (1982). Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 62(2), 211-227.

- Pozo, J.I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I. (1996). *Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza/Psicología Minor.
- Pozo, J.I. y Gómez, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I. y Postigo, Y. (1997). *Las estrategias de aprendizaje en las diferentes áreas del currículum*. En Pérez, M.L. (Coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de estrategias desde el currículum*. Barcelona: Horsori.
- Rumelhart, D.E. y Ortony, A. (1982). La representación del conocimiento en la memoria. *Infancia y Aprendizaje*, 19-20, 115-118.
- Rumelhart, D.E. (1989). *The architecture of mind: a connectionist approach*. En Posner, I. (ed.). *Foundations of Cognitive Science*. Cambridge: The MIT Press.
- Saura Llamas, O. (1996). *Aprendizaje de esquemas conceptuales y de contenidos procedimentales en el estudio de las Ondas, del Sonido y de la Luz a partir de una propuesta de enseñanza con un enfoque constructivista. Un trabajo experimental en el ámbito de la Educación Secundaria*. Tesis doctoral no publicada. Murcia: Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad de Murcia.
- Schanck, R.C. y Abelson, R.P. (1987). *Guiones, planes, metas y entendimiento: un estudio de las estructuras del conocimiento humano*. Barcelona: Paidós.
- Sierra, B. (1994). *Representación del conocimiento en el sistema cognitivo humano: Esquemas*. En Adrraga, P. y Zaccagnini, J.L. *Psicología e Inteligencia Artificial*. Madrid: Trotta.
- Slezak, P. (1998). *Sociology of Scientific Knowledge and Scientific Education: Part I*. En Matthews (ed.), *Constructivism in Science Education. A Philosophical Examination*. Dordrecht. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.