

A renovación do ensino universitario: necesidade, obstáculos e oportunidades

Daniel Gil Pérez, Joaquín Martínez Torregrosa e Amparo Vilches



A renovación do ensino universitario: necesidade, obstáculos e oportunidades

Daniel Gil Pérez, Joaquín Martínez Torregrosa e Amparo Vilches

Colección Formación e Innovación Educativa na Universidade

Vicerreitoría de Formación e Innovación Educativa

Universidade de Vigo

Edita: Vicerreitoría de Formación e Innovación Educativa. Universidade de Vigo

Revisión: María Isabel Cebreiros Iglesias

Tradución: Verónica Arias Sánchez

Área de Normalización Lingüística

Portada: Área de Imaxe da Universidade de Vigo

Imprime: Tórculo Artes Gráficas, S. A.

ISBN: 978-84-8158-382-3

ISBN Colección: 978-84-8158-362-5

D. L.: C 1773-2008

Índice

Presentación	5
1. A renovación do ensino universitario a exame: sete proposicións para o debate	9
1.1. Proposición número 1. Unhas expectativas optimistas	9
1.2. Proposición número 2. A axuda externa non abonda (aínda que sexa moi conveniente)	10
1.3. Proposición número 3. As formulacións científicas non se transfiren espontaneamente	12
1.4. Proposición número 4. Non abonda con transmitir propostas ben fundamentadas.....	12
1.5. Proposición número 5. Docencia contra investigación?	13
1.6. Proposición número 6. Dime que avalías e direiche a que dás importancia	14
1.7. Proposición número 7. O primeiro é empezar...por onde sexa!..	15
2. A relación secundaria-universidade: mitos e realidades	19
2.1. Introducción.....	19
2.2. Os problemas da “falta de base” con que os estudantes de secundaria chegan à universidade e da “necesidade dunha selección rigorosa”	20
2.3. Os problemas da preparación do profesorado e da suposta desconexión secundaria-universidade.....	26
2.4. Por unhas novas relacións secundaria-universidade	33
3. A universidade como ámbito privilexiado para unha aprendizaxe como investigación orientada	37
3.1. Introducción e formulación do problema	37
3.2. A estrutura dos temas e dos cursos nun contexto de investigación.....	39

3.3. Un exemplo de tema estruturado como investigación dirixida	41
3.4. A avaliación nun ensino por investigación	50
3.5. En que medida esta estrutura favorece a aprendizaxe significativa? En que medida favorece a estudantes autónomos e/ou estratéxicos?.....	52
3.6. Que deben saber e saber facer os profesores universitarios de ciencias?	53
Referencias bibliográficas	59

A renovación do ensino universitario: necesidade, obstáculos e oportunidades

Daniel Gil Pérez¹, Joaquín Martínez Torregrosa² e Amparo Vilches³

Presentación

A mellora do proceso de ensino e de aprendizaxe na universidade aparece como un obxectivo central no novo marco do Espazo Europeo de Educación Superior, que propón *"unha nova concepción da formación académica, centrada na aprendizaxe do alumno, e unha revalorización da función docente do profesor universitario que incentive a súa motivación e que recoñeza os esforzos encamiñados a mellorar a calidade e a innovación educativa"*,
(ver http://www.mec.es/universidades/eees/files/Documento_Marco.pdf).

Os materiais que incluímos neste volume pretenden contribuír á reflexión con respecto a esta necesidade dunha profunda renovación do ensino universitario. Dedicaremos o primeiro capítulo a unha breve exposición, en forma de sete proposicións, dos problemas que supón a renovación do ensino universitario. Un anovamento que se xustifica polas mesmas razóns que esixiron a innovación e a investigación educativas con respecto ao ensino primario e, máis tarde, á secundaria: o forte incremento da poboación escolar -agora, tamén afortunadamente, a universitaria- que converte en problemas sociais o fracaso de moitos estudantes, a súa actitude de rexeitamento, ou a deficiente preparación dos que rematan os estudos. A universidade non pode permanecer indiferente, co tempo, ante estes problemas, que afectan gravemente ás posibilidades de desenvolvemento social. E iso demanda a implicación do profesorado universitario en actividades de innovación e investigación educativas.

¹ Universitat de València, daniel.gil@uv.es; web: www.uv.es/gil

² Universitat d'Alacant, joaquin.martinez@ua.es

³ Universitat de València, amparo.vilches@uv.es

Esta implicación do profesorado universitario enfróntase a dificultades que deben terse moi en conta. De feito, a docencia adoita ser considerada por moitos universitarios, unha consecuencia da incorporación ás tarefas de investigación e é vivida, en bastantes ocasións, como unha "carga" que quita tempo a esas tarefas investigadoras prioritarias. Tamén contribúe esa escasa atención prestada á docencia a diferente valoración social de ambas as dúas actividades: ensinar é visto como algo estándar, repetitivo, "que pode facer calquera", mentres que a investigación é unha tarefa complexa, aberta e creativa, "reservada aos mellores".

Esa idea de que "ensinar o que se sabe é doado...", de que se trata dunha cuestión de personalidade, de sentido común e dalgunha experiencia, é asumida como algo "evidente", non só polos docentes, senón en realidade por toda a sociedade, e constitúe un grave impedimento para unha actividade docente innovadora, posto que o ensino non se trata como problema. Un primeiro paso para facer posible a mellora do ensino universitario ha ser sacar á luz e someter á análise crítica algunhas "evidencias de sentido común", como a anterior, que poden estar a bloquear os cambios necesarios. Dedicaremos a iso o segundo capítulo.

Pero non todo son dificultades: a práctica da investigación do profesorado universitario pode ser moi útil para tratar con rigor os problemas de ensino/aprendizaxe. De feito, boa parte da investigación en didáctica das ciencias foi realizada por profesores universitarios "reconvertidos" que, por unhas ou outras razóns, puideron romper cos mitos que bloquean habitualmente a aproximación aos problemas de ensino/aprendizaxe. Dedicaremos o terceiro capítulo a expoñer as oportunidades que ofrece a universidade para unha profunda reorientación do ensino.

De acordo co exposto, o contido deste documento desenvolverase segundo o seguinte índice:

1. A renovación do ensino universitario a exame: sete proposicións para o debate.
2. A relación secundaria-universidade: mitos e realidades.
3. A universidade como nivel privilexiado para unha aprendizaxe como investigación orientada.

Debemos advertir, para rematar, que as análises e as propostas que incorporamos neste documento só pretenden ser unha contribución parcial - realizada dende a área da educación científica- a esta tarefa fundamental da renovación do ensino universitario. Unha tarefa pola que felicitamos á Vicerreitoría de Formación e Innovación Educativa da Universidade de Vigo, e en particular ao doutor Pedro Membiela, e agradecemos a ocasión que se nos brinda de participar nesta.

1. A renovación do ensino universitario a exame: sete proposicións para o debate

Presentamos a continuación unhas breves reflexións, en forma de sete proposicións, froito dos nosos estudos e das nosas experiencias como profesores universitarios e investigadores no campo da educación científica.

O contido destas proposicións sintetiza as nosas análises e as nosas propostas para a renovación da docencia universitaria e permite, polo tanto, unha primeira aproximación ás devanditas formulacións, que serán desenvolvidas nos dous capítulos seguintes.

1.1. Proposición número 1. Unhas expectativas optimistas

Queremos comezar expresando o noso convencemento de que a implicación do profesorado universitario en actividades de innovación e investigación educativas pode darse por segura a medio prazo. Razóns? As mesmas que provocaron o inicio (aínda moi insuficientemente desenvolvido) da innovación e investigación educativas con respecto ao ensino primario e, máis tarde, ao secundario: forte incremento da poboación estudiantil -agora tamén a universitaria- que converte en problemas sociais o fracaso escolar de moitos estudantes, a súa actitude de rexeitamento, ou a deficiente preparación dos que rematan os estudos.

A sociedade e a propia universidade non poden permanecer indiferentes, co tempo, ante estes problemas -que afectan gravemente ás súas posibilidades de desenvolvemento- nin se contentaren con falsas explicacións autoexculpatorias que nada modifican. Iso impulsará -está comezando xa a facelo- esforzos de mellora, traballos de innovación e investigación. Esta preocupación crecente converteu, por exemplo, en opinión da Axencia Norteamericana para o Desenvolvemento da Ciencia a investigación sobre a educación científica e tecnolóxica, en todos os seus ámbitos, nunha das áreas estratéxicas da investigación científica (Gil, Carrascosa e Martínez Terrades, 2000).

A necesidade de mellorar o proceso de ensino e de aprendizaxe vén reforzada polo novo marco do Espazo Europeo de Educación Superior que propón *"unha nova concepción da formación académica, centrada na aprendizaxe do alumno, e unha revalorización da función docente do profesor universitario que incentive a súa motivación e que recoñeza os esforzos encamiñados a mellorar a calidade e a innovación educativa"* (ver http://www.mec.es/universidades/eees/files/Documento_Marco.pdf).

Estas optimistas perspectivas, non obstante, deben de ser moi matizadas por toda unha serie de razóns que iremos expoñendo e comentando nas seguintes proposicións.

1.2. Proposición número 2. A axuda externa non abonda (aínda que sexa moi conveniente)

Podería pensarse que a existencia de indubidables problemas de ensino/aprendizaxe na universidade non xustifica que o profesorado universitario descoide o seu campo propio de investigación para se implicar en traballos de innovación e investigación educativas: para iso a universidade xa ten os seus especialistas (pedagogos, didactas, psicólogos da educación etc.). Abondaría con que os devanditos especialistas axudasen os profesores universitarios proporcionándolles o necesario complemento pedagóxico á súa preparación científica.

De feito, algunhas universidades comezaron xa a lle conceder importancia aos problemas da docencia, organizando actividades dirixidas a unha mellor preparación dos seus profesores. Estas actividades consisten, a miúdo, en obradoiros de formación pedagóxica a cargo de especialistas en ciencias da educación.

Trátase da mesma formulación que orientou -e nalgúns lugares segue orientando- a formación do profesorado de secundaria. McDermott (1990) analizou os pobres resultados que esta orientación produciu no caso do profesorado de secundaria: *"A total separación entre a instrución educativa e a instrución en contidos -sinala- diminúe a validez de ambas as dúas para os profesores. O uso efectivo dunha determinada estratexia de ensino vén a miúdo determinada polo contido. Se os métodos de ensino non son estudados no contexto no que han de ser implementados, os profesores poden non saber identificar os aspectos esenciais nin adaptar as estratexias"*.

Na mesma liña Viennot (1997) afirma: "*A preparación científica non pode contraponerse á preparación pedagóxica, senón que é preciso superar a devandita dicotomía e recoñecer a necesaria imbricación entre a reflexión didáctica e a reflexión sobre o contido disciplinar*".

Dende o campo da psicoloxía da educación insistiuse nesta mesma idea: "*Non se pode falar do pensamento dos suxeitos á marxe do contido dos problemas*" (Carretero, 1987).

Cabe supoñer que estas consideracións relativas á formación do profesorado e á educación no nivel secundario sigan sendo tanto, ou máis válidas, para o caso da educación universitaria: pedir axuda a especialistas doutro campo pode ser útil, sen dúbida, pero non abonda para tratar os problemas, en boa medida específicos, do propio campo. Non é posible, pois, obviar a necesidade dunha innovación e dunha investigación centrada neses problemas específicos.

É preciso insistir, por iso, en que non ten sentido pensar nun mesmo enfoque das actividades de iniciación á innovación, válido para calquera materia universitaria. Aínda que algúns problemas sexan comúns, o ensino/aprendizaxe de, por exemplo, a música, unha lingua ou a física, teñen as súas propias especificidades, que han de ser tidas en conta, tanto para a formación do profesorado coma para as propostas de innovación.

Isto é algo que xa se comprendeu, en xeral, no que se refire ao ensino secundario, de forma que, habitualmente, os obradoiros, cursos etc., que se ofrecen, van dirixidos a profesores de áreas específicas. Non obstante, é moi frecuente que as propostas dirixidas ao profesorado universitario teñan unha orientación global, desvinculada dos contidos.

Iso adoita traducirse, a miúdo, en ofertas sobre aspectos concretos e meramente técnicos (tipo "como expoñer con claridade" ou "técnicas de avaliación") que apenas tratan os auténticos problemas e que non permiten unha reconsideración en profundidade. Falar de formación do profesorado e de investigación e innovación educativas na universidade obriga a traballos específicos nas distintas áreas.

1.3. Proposición número 3. As formulacións científicas non se transfiren espontaneamente

Unha das principais dificultades para a implicación do profesorado universitario en actividades de investigación e innovación educativas estriba na existencia dun pensamento docente espontáneo (Hewson e Hewson, 1987; Porlán, 1989; Gil *et alii*, 1991 etc.) que acepta de xeito non crítico como obvias, de sentido común, concepcións similares ás atopadas no profesorado de secundaria, sostidas mesmo con maior contundencia (Gil, Beléndez *et alii*, 1991; Calatayud, Gil e Gimeno, 1992; Gil Pérez e Vilches, 2004 e 2008) como a idea de que ensinar é algo esencialmente simple.

Iso constitúe un claro exemplo de algo ben establecido: os comportamentos non se transfiren automaticamente duns campos de actividade a outros. Pódese ser un consecuente loitador pola liberdade dos pobos e contra a dominación colonial e manter unha actitude sexista de discriminación das mulleres. E pódese ser un notable investigador en, poñamos, bioloxía molecular, e ao propio tempo afirmar con contundencia calquera trivialidade educativa que non resiste unha mínima análise.

Creemos, por tanto, (conxectura que hai que verificar) que unha das primeiras tarefas que hai que realizar -se se quere favorecer un clima de implicación dos profesores universitarios na investigación e innovación educativas- é mostrar ata que punto algunhas desas concepcións docentes espontáneas son febles, provocando así o necesario "conflicto cognitivo".

Trátase, non obstante, dunha tarefa especialmente delicada que non se pode formular como a simple transmisión dos resultados obtidos polos expertos. Falaremos diso na seguinte proposición.

1.4. Proposición número 4. Non abonda con transmitir propostas ben fundamentadas

A investigación sobre as dificultades atopadas polos deseñadores de currículos para xeneralizar innovacións ben fundamentadas, tanto para o caso da educación primaria coma para a secundaria, debe ser tida en conta cando se pensa en innovacións para o ensino universitario.

En efecto, a citada investigación mostrou a escasa efectividade de transmitir ao profesorado as propostas dos expertos para a súa aplicación.

Como indicou Briscoe (1991), é necesario que os profesores participemos, nalgunha medida, na construción dos novos coñecementos didácticos, abordando os problemas que o ensino nos presenta. Sen esa colaboración, non só resulta difícil que os profesores e profesoras fagan seus e leven eficazmente adiante os cambios curriculares e toda a innovación fundamentada en rigorosas investigacións, senón que cabe esperar unha actitude de rexeitamento que se apoie, entre outros, en concepcións docentes espontáneas, ás que fixemos referencia na proposición anterior.

Convén sinalar a este respecto que, se ben estas concepcións son moi abundantes e constitúen serios obstáculos (na medida en que son aceptadas sen se cuestionar), non resulta difícil xerar unha reflexión "descondicionadora" que poña en cuestión estas "evidencias" e contribúa ao traballo de afondamento necesario para a súa superación, aproximando as concepcións do profesorado ás adquisicións da investigación didáctica (Gil *et alii*, 1991; Pessoa de Carvalho e Gil, 2006). O problema non estriba, pois, na existencia destes preconceptos, senón en que habitualmente non se lle proporcionan ocasións que permitan ao profesorado analízalas con certo distanciamento crítico. Cabe supoñer que isto mesmo sexa válido para o profesorado universitario, aínda que neste caso se dean circunstancias específicas que é preciso considerar.

1.5. Proposición número 5. Docencia contra investigación?

Quizais unha das concepcións máis estendidas entre o profesorado universitario sexa concibir a docencia como unha actividade secundaria que ocupa un tempo excesivo, o que prexudica a súa tarefa principal, é dicir, a investigación (Gil, Beléndez *et alii*, 1991). A iso contribúen diversas causas, das cales destacaremos aquí dúas, estreitamente relacionadas:

- A diferente valoración social da docencia e a investigación: ensinar é considerado algo simple que pode facer calquera; a investigación, pola contra, é vista como unha tarefa complexa, importante, reservada aos mellores.
- A investigación é vista polos profesores universitarios, en xeral, como unha tarefa aberta e creativa; a docencia como un traballo estándar, repetitivo e monótono.

Calquera intento de implicar ao profesorado universitario en tarefas de investigación/ innovación educativa habería de axudar a modificar estas dúas concepcións que enfrontan docencia e investigación.

Por unha banda, sería preciso mostrar a posibilidade dunha docencia liberada das súas connotacións negativas (monotonía), capaz de formular os desafíos e de xerar as satisfaccións dunha actividade aberta e creativa como a propia investigación.

Por outra, habería que insistir en algo clave: un bo ensino pode e debe ser unha contribución esencial á calidade da investigación que poidan realizar as novas xeracións. Convén recordar que a esencia dun ensino autenticamente universitario consiste -como se sinalou reiteradamente ao criticar algunhas universidades privadas- na posibilidade de mostrar un coñecemento vivo, en construción; de aquí que se considere esencial que o profesor universitario sexa tamén investigador.

A docencia universitaria non pode verse, pois, como unha carga, como unha obriga molesta que debemos cumprir para ter dereito a investigar.

Todo isto forma parte dun discurso que é necesario desenvolver e reivindicar para enfrontarse ao actual discurso desvalorizador da docencia. Pero non é cuestión unicamente, de discursos; isto remítenos á nosa sexta proposición.

1.6. Proposición número 6. Dime que avalías e direiche a que das importancia

É ben sabido que os estudantes de calquera nivel só poñen atención naquilo que se avalía: por moito que insistamos na importancia de algo, se o que se avalía é outra cousa, sobre ela acaba centrándose a atención dos estudantes e, en última instancia, a dos propios profesores (Tamir, 1998).

Cabe esperar que algo semellante aconteza coa nosa propia actividade de profesores universitarios: o que non sexa obxecto de avaliación -no seu sentido máis positivo de seguimento e impulso- será visto, en xeral, como menos importante e non xerará esforzos de regulación tendentes á súa mellora.

A este respecto hai que sinalar que os indubidables progresos que se produciron ultimamente na actividade investigadora do profesorado

universitario español están asociados, entre outros, ás medidas de impulso e seguimento introducidas (sexenios de investigación). Sen entrar a discutir aquí algunhas deficiencias desta avaliación, os seus efectos positivos sobre a produtividade investigadora foron amplamente recoñecidos.

Nada similar se produciu na docencia. Así, os complementos por quinquenios de ensino concédense automaticamente sen termos que xustificar mérito ningún. Cabe pensar, polo tanto, na conveniencia de introducir procesos de avaliación da docencia que poidan xogar un papel de impulso positivo para a súa mellora e rompan coa impresión xeral de que a docencia non conta e de que o único importante é a investigación.

As propias facultades poden introducir estes procesos. Esta sería unha medida institucional que podería, ben orientada e ben presentada, incrementar o interese dos profesores universitarios pola docencia, ao estimular a súa participación en actividades de innovación e investigación.

1.7. Proposición número 7. O primeiro é empezar... por onde sexa!

Quizais unha posible forma de introducir aos profesores universitarios nas tarefas de innovación sexa implicalos na preparación de materiais para o traballo na aula seguindo unha metodoloxía de investigación.

Recordemos, por exemplo, que os National Standards for Science Education (National Research Council, 1996) resaltaron que "*en todos os ámbitos, a educación científica debe basearse na metodoloxía da investigación*", como forma de favorecer, tanto unha actividade significativa, con respecto a problemas de interese para os estudantes, como a súa progresiva autonomía de xuízo e capacidade de participación en tarefas colectivas.

O contexto hipotético-dedutivo característico dunha investigación subministra oportunidades idóneas para unha aprendizaxe profunda ao obrigar a formular problemas e discutir a súa relevancia, tomar decisións que permitan avanzar, formular situacións hipotéticas, poñelas a proba dentro dunha estrutura lóxica xeral, obter evidencias para apoiar as conclusións, utilizar os criterios de coherencia e universalidade etc., e todo iso nun ambiente de traballo colectivo e de implicación persoal na tarefa.

"Investigar" -ou, utilizando outras terminoloxías próximas, "indagar" (Díaz e Jiménez, 1999), ou "construír modelos" (Pozo, 1999)- é unha forma de aprendizaxe profunda: enfrontarse a situacións problemáticas e elaborar posibles solucións a modo de hipóteses, esixe o desenvolvemento de procesos de xustificación individuais e colectivos, que forman parte das estratexias científicas.

Cómpre sinalar que estas estratexias formativas son as utilizadas na universidade cos posgraduados que se incorporan a algún departamento para prepararse como futuros investigadores. E hai que sinalar tamén que este período é vivido, pola xeneralidade dos que pasan por el, como o máis frutífero da súa formación. E aínda que esta orientación está totalmente ausente da realidade das aulas universitarias do primeiro e segundo ciclo, podemos supoñer que a familiarización dos profesores universitarios coa investigación dirixida que practican no terceiro ciclo, os prepara especialmente para reorientar o ensino, nos primeiros cursos, nesa mesma dirección (Martínez Torregrosa, Gil Pérez e Bernat Martínez, 2003).

Iso convertería a preparación do traballo que teñen que facer os estudantes e o seu seguimento nun auténtico problema científico, é dicir, nunha ocasión de innovación e investigación permanente, susceptible de xerar as satisfaccións (e preocupacións) de calquera investigación.

Que é o que impide este paso? Algúns refírense aquí a cuestións materiais, como por exemplo o número de alumnos. Non obstante, hoxe é posible ver que materias optativas con vinte, dez, ou mesmo menos estudantes, son impartidas do mesmo xeito que se houbera cen ou máis alumnos. O principal problema, na nosa opinión, deriva nas concepcións ás que xa nos referimos, que desvalorizan a docencia e que tenden a establecer, en definitiva, unha rixida liña de demarcación entre o traballo que se realiza no primeiro e segundo ciclo co que se pasa a facer cos posgraduados.

Non quere dicir iso que as condicións materiais non teñan importancia, posiblemente moita máis na universidade que na secundaria ou na primaria: non é doado, por exemplo, presentar o traballo na aula como algo máis que a simple transmisión de coñecementos cando se traballa, como acontece a miúdo na universidade, con grupos dun centenar de estudantes ou máis, sentados en bancos fixos similares aos da época de Fray Luís de León. Pero a

transformación destas condicións materiais non ten sentido se non responde a novas formulacións da docencia.

O primeiro que se precisa, pois, tal vez sexa crear un clima de recoñecemento da importancia da docencia universitaria, que faga superar a súa desvalorización fronte á actividade investigadora. Algo, sen dúbida, difícil de conseguir; tanto ou máis difícil de lograr que a implicación dos profesores de primaria e secundaria nos procesos de renovación curricular. Pero trátase, todo iso, de algo que haberá que conseguir, porque a educación -unha educación de calidade, espazada ao longo de toda a vida (Delors *et alii*, 1996)- constitúe un dereito fundamental de todo ser humano, como eixe vertebrador dun desenvolvemento persoal e colectivo estimulante e enriquecedor, que xere actitudes e comportamentos responsables e faga posible a participación na toma fundamentada de decisións.

A partir dese necesario recoñecemento da importancia da docencia e da investigación asociada a esta, sería posible e desexable que algúns profesores das distintas áreas -sen deixar de ser membros do departamento ao que pertencen, é dicir, sen deixar de estar en contacto co resto dos seus compañeiros de área- centren a súa actividade investigadora arredor dos problemas de ensino/aprendizaxe da súa área específica. Iso permitiríalles asociar a outros colegas -aínda que cunha implicación moito menor- no estudo dos devanditos problemas e nas innovacións concibidas.

O conto da leiteira? Talvez... pero existen xa exemplos diso que conviría coñecer, analizar e valorar (McDermott, 1996; Viennot, 1997; Guisasola, Almudí e Zubimendi, 2003). En calquera caso, a cuestión é empezar un proceso, conscientes das dificultades e dispostos a beber de todas as fontes posibles; dispostos a aprender dos erros e a realizar todas as reconsideracións que sexan necesarias; dispostos a contribuír á construción dun corpo coherente de coñecementos teórico-prácticos. Dispostos, sobre todo, a gozar no empeño.

2. A relación secundaria-universidade: mitos e realidades*

2.1. Introducción

A relación secundaria-universidade, ocupa un lugar central nos debates actuais acerca da calidade do ensino secundario, por unha parte, e das dificultades dos estudantes universitarios, por outra. Merece, pois, ser estudada con calma porque, como intentaremos mostrar, adoita tratarse dando por sentado, a miúdo dunha forma implícita que escapa á reflexión crítica, certos feitos que constitúen, máis ben, auténticos mitos, no sentido de careceren da realidade que lles atribúen.

Así, a tese principal coa que, en xeral, se enfoca o estudo destas relacións secundaria-universidade, afirma que existe unha grave desconexión entre ambos os dous ámbitos. Pero iso constitúe, na nosa opinión, un simple tópico que agacha e reforza outra realidade que intentaremos desvelar: a existencia dunha moi estreita vinculación xerárquica, de efectos basicamente negativos.

Esta tese da desconexión aparece asociada a todo un conxunto de concepcións de sentido común que constitúen outros tantos mitos ben estudados pola investigación educativa, pero que continúan vixentes en boa parte dos que ensinamos en secundaria e, aínda máis, na universidade. Moi concretamente, a tese da desconexión ápoia-se nestas outras concepcións:

Crese que, debido, entre outras razóns, á suposta desconexión, o ensino en secundaria non proporciona unha preparación axeitada, polo que a "falta de base" constitúe a principal causa de fracaso dos estudantes universitarios.

*Este capítulo está baseado nos seguintes traballos:

Gil Pérez, D. e Vilches, A. (2002). *La relación Secundaria Universidad: mitos y realidades*. Actas XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de La Laguna, pp.13-30.

Gil Pérez, D. e Vilches, A. (2004). La formación del profesorado de ciencias de secundaria... y de universidad. La necesaria superación de algunos mitos bloqueadores. *Educación Química*, 15(1), 43-58.

Para evitar o fracaso precísase un maior esforzo de selección dos estudantes con capacidade para realizar estudos superiores.

Concepcións semellantes danse ao enfocar a relación primaria-secundaria e merecen ser analizadas tamén, pero aquí centrarémonos no estudo da relación secundaria-universidade.

Estas dúas concepcións dan por sentado que os profesores posúen un coñecemento profundo da súa especialidade que os faculta para detectar as deficiencias do ámbito anterior e para ditaminar as vías de solución.

Discutiremos a continuación estes mitos que, como veremos, están estreitamente relacionados e se apoian mutuamente, e intentaremos xustificar a necesidade de reformular radicalmente as actuais relacións secundaria-universidade.

2.2. Os problemas da "falta de base" con que os estudantes de secundaria chegan á universidade e da "necesidade dunha selección rigorosa"

Trataremos en primeiro lugar a tese, amplamente compartida polo profesorado universitario, de que os problemas de aprendizaxe na universidade teñen a súa orixe, en boa medida, na preparación proporcionada pola secundaria e na falta dunha selección axeitada. Trátase dunha tese que foi cuestionada por rigorosas investigacións, pero que, por desgraza, segue plenamente vixente. En efecto, en entrevistas realizadas durante a década de 1990 a profesores de facultades de ciencias sobre as causas de fracaso dos estudantes universitarios, a xeneralidade dos entrevistados atribuíao á "falta de base", é dicir, ás insuficiencias da formación nos ámbitos anteriores (Calatayud, Gil e Gimeno, 1992). Esta falta de base continúa sendo hoxe un serio motivo de preocupación social, como mostran as frecuentes declaracións das autoridades académicas ou os titulares dos medios de comunicación.

Que fundamento ten esta concepción? Para someter a proba as deficiencias da preparación adquirida na educación secundaria, na Universitat de València realizouse unha experiencia que recordaremos brevemente: aos estudantes que ingresaran na Facultade de Química, pasóuselles o primeiro día de clase un sinxelo cuestionario que consistía en vinte preguntas consideradas moi elementais polos mesmos profesores de secundaria. Os

resultados foron realmente moi pobres. A mesma experiencia realizouse posteriormente con estudantes de Física, obtendo resultados similares. Parece pois, que non hai lugar a dúbidas acerca da incorrecta preparación proporcionada pola secundaria. Non obstante, algúns non aceptamos, por demasiado simplista, a interpretación dada á devandita experiencia e expresamos o noso convencemento de que as mesmas cuestións, presentadas en idénticas condicións aos estudantes de cursos superiores (os coñecementos destes cando xa recibisen unha valoración positiva por parte dos seus profesores universitarios) traduciríanse en resultados similares. Fundamentabamos a nosa conxectura no que poderíamos denominar as "leis do esquecemento" (tras un longo verán, moitos coñecementos recentemente aprendidos deixan de estar na memoria próxima e non poden ser utilizados sen unha mínima revisión) e, sobre todo, en que as estratexias de ensino na universidade non son diferentes ás do ámbito secundario, o que se ha de traducir, polo tanto, nun mesmo predomínio da aprendizaxe memorística sobre a significativa. Propuxemos por iso pasar o mesmo cuestionario, tamén o primeiro día de clase, aos estudantes que chegaban a segundo curso. Os resultados obtidos mostraron unha extraordinaria similitude cos correspondentes aos ingresados recentemente na universidade, sen diferenzas significativas nos distintos ítems (Calatayud, Gil e Gimeno, 1992).

Púñase así en cuestión a tese simplista que responsabiliza ao ensino anterior dos problemas atopados. Habemos de insistir en que tamén os profesores de secundaria adoitamos incorrer, responsabilizando o ensino primario, nestas xustificacións simplistas, que foron repetidamente falseadas con deseños como o que acabamos de describir, e que nada contribúen a resolver os problemas. Iso constitúe un claro exemplo do perigo que supoñen certas concepcións do profesorado (e en realidade de toda a sociedade) acerca dos problemas educativos.

Cómpre sinalar que estamos a asistir hoxe no noso país a un serio rebrote destas concepcións elitistas e discriminatorias, que reciben un decidido apoio das actuais autoridades ministeriais. Non se pode negar, -afirman estas autoridades- que, como mostrou un recente estudo da Organización para a Cooperación e o Desenvolvemento Económico (OCDE), o nivel dos estudantes españois de secundaria é moi baixo e esixe un esforzo de selección. A publicación dos resultados deste estudo, realizado en 32 países pola OCDE para avaliar a comprensión lectora, a cultura matemática e a cultura científica

dos estudantes de secundaria, deu lugar a alarmistas titulares de prensa (Gil e Vilches, 2002). Proclámase con ton dramático que España aparece no estudo por debaixo da media nos tres aspectos analizados e vese niso unha proba máis da deterioración experimentada pola educación secundaria no noso país. Os citados resultados suporían, en consecuencia, un claro apoio para os cambios que se están a promover no sistema educativo e, moi concretamente, para a chamada "Lei de calidade" que o Ministerio pretende implantar co obxecto de introducir novas barreiras selectivas e "elevar o nivel" do noso sistema educativo. Ata que punto é correcta esta lectura?

Para empezar convén relativizar o dramatismo deses resultados. É certo que España aparece por debaixo da media nos tres dominios analizados. Pero tamén o é que un país como Italia aparece por debaixo de España neses tres aspectos e que Alemaña o está en dous deles (compresión da escritura e educación científica). Cómpre, pois, mirar máis detidamente as cifras que se dan para poder interpretalas correctamente.

Polo que se refire concretamente á cultura científica, España, por debaixo da media, obtén unha puntuación de 491; Estados Unidos, na zona media 499 e Corea, o país de maior puntuación, 552 puntos. Unhas sinxelas proporcións permítenos calcular que, se concedésemos a Corea unha cualificación de 10, (sen que pretendamos dicir con iso que nese país a cultura científica alcanzase a situación máis desexable) a Estados Unidos corresponderíalle 9 e a España... 8.9. Non parece, pois, que haxa lugar para esas declaracións alarmistas, sobre todo se temos en conta que os resultados españois melloraron con respecto ao anterior estudo realizado en 1995. Iso non quere dicir, insistimos, que a educación científica sexa marabillosa no noso país, senón que as diferenzas con outros países dos nosos arredores son mínimas: se, por exemplo, concedésemos a Corea só un 6, España obtería 5.3.

Non obstante, as nosas autoridades educativas, os medios de difusión e numerosos profesores insisten en falar de grave deterioración da educación secundaria e pretenden remedialo cunha Lei de calidade. Un dos elementos centrais desta é a separación dos estudantes aos 14 anos en, basicamente, tres itinerarios distintos segundo as súas capacidades, o seu interese e o seu rendemento: un orientado cara ao bacharelato, outro cara á formación profesional e un terceiro para os que aos 16 anos se incorporen xa ao sistema produtivo.

Con estas barreiras selectivas preténdese elevar o nivel da educación en xeral e, moi en particular, da científica. Pero debemos deixar ben claro que os resultados do estudio da OCDE, que o Ministerio toma como apoio para a súa proposta de itinerarios a partir dos 14 anos, cuestionan esa separación temperá dos estudantes. En efecto, unha diferenciación similar estase a aplicar dende hai décadas en Alemaña e os resultados, como mostra o estudo, son máis baixos que os de países con sistemas comprensivos como Finlandia, o Reino Unido ou mesmo España. De feito, o informe sinala explicitamente que, en xeral, a segregación prematura inflúe negativamente nos resultados globais da poboación. Que sentido ten, pois, volver a esa diferenciación no noso país? Como é posible que responsables do Ministerio afirmen que o informe da OCDE é "un aval" para o cambio de rumbo que pretenden realizar? Un cambio de rumbo que facilita a rápida saída do sistema educativo aos encadrados no terceiro itinerario e dificulta á maioría o acceso á universidade, mentres as actuais reformas en países dos nosos arredores están orientadas a promover a continuación nos estudos do maior número de mozos despois do período obrigatorio. En Inglaterra, por exemplo, cun modelo de escola comprensiva, pretenden conseguir que polo menos o 90% dos mozos sigan estudando máis alá dos 17 anos.

Iso responde á crecente e ben fundamentada idea de que o desenvolvemento individual e social require proporcionar o máximo de educación posible a todos os cidadáns e cidadás ao longo de toda a vida (Delors *et alii*, 1996) e que o problema da educación non estriba na selección, nas barreiras segregadoras, senón na promoción e no apoio aos que teñen dificultades. É inevitable, en efecto, que nenas e nenos procedentes de medios socioculturais moi diversos respondan inicialmente de formas moi distintas ás propostas educativas. Moitos teñen unhas dificultades que, se non son tratadas, van incrementándose e condénanos ao fracaso. Necesítase recoñecer as diferenzas iniciais e abordalas canto antes coas estratexias que permitan a súa superación no marco dun modelo educativo comprensivo e integrador: con atención e apoio personalizados, con diversificacións curriculares, mesmo con determinados agrupamentos conxunturais; pero sempre co obxectivo de lograr a integración dos devanditos estudantes, sempre transmitindo expectativas positivas e impulsando e apoiando os avances. E iso non é algo que haxa que formular a partir dos 14 anos, senón

dende o principio da escolarización, dende que empecen a aparecer os problemas.

Pero é indubidable, insístese, que as avaliacións máis rigorosas mostran que as materias científicas non están ao alcance de todos. Convén deterse nesta outra "evidencia" e preguntarse se son realmente tan "obxectivas e precisas" as nosas valoracións. Isto é algo que innumerables investigacións fixeron e os resultados son ben coñecidos. Recordémoslos.

Para poñer a proba a suposta obxectividade e precisión das avaliacións, a primeira idea que xorde habitualmente é dar a corrixir un mesmo exame a diversos profesores. Este é un deseño clásico que xa foi utilizado por Hoyat (1962) con exercicios de física do bacharelato francés, onde un mesmo exercicio de física era cualificado con notas que ían de 2 a 8. Este deseño utilizouse numerosas veces con resultados similares, pero é certo que iso non abonda para probar a falta de obxectividade e precisión: estas discrepancias nas notas poden ser, simplemente, o froito de distintos criterios (hai profesores rigorosos, outros permisivos...). Xorde así a idea destoutro deseño: facer corrixir de novo o mesmo exame, ao cabo de certo tempo, aos mesmos profesores. Tamén este deseño foi xa utilizado por Hoyat, con resultados que mostraban unha forte dispersión das notas dadas polos mesmos profesores.

Utilizáronse tamén deseños máis sofisticados, destinados a ver como inflúen as expectativas dos profesores. Nós utilizamos reiteradamente un deseño deste tipo, con profesores en activo e en formación: no contexto dun seminario acerca da avaliación propónselle a cada profesor a valoración dalgún exercicio, e pídeselle unha puntuación entre 0 e 10 e, sobre todo, comentarios que poidan axudar ao alumno a comprender mellor a cuestión formulada. O exercicio que se entrega para corrixir é o mesmo para todos os profesores, coa "única" diferenza dun pequeno texto introdutorio, que na metade das copias atribúe o exercicio a un alumno "brillante" e na outra metade a un alumno "que non vai demasiado ben". Este pequeno comentario, non obstante, provoca diferenzas nas medias da orde de 2 puntos e comentarios, en xeral, de apoio ao alumno "brillante" e de crítica e rexeitamento ao "mediocre" (Alonso, Gil e Martínez-Torregrosa, 1992).

Convén recordar tamén a célebre experiencia de Pigmalión na escola (Rosenthal e Jacobson, 1968): nunha serie de escolas, situadas en zonas económica e culturalmente desfavorecidas, fíxose crer aos profesores que un

test de intelixencia detectara que uns determinados alumnos (un en cada escola, elixidos en realidade ao chou) posuían un cociente intelectual extraordinario. Dous anos despois púidose constatar que os alumnos sinalados experimentaran un desenvolvemento intelectual moi superior ao dos seus condiscípulos. Investigacións como esta mostran que os profesores non só cualificamos máis alto os alumnos que consideramos brillantes, senón que as nosas expectativas positivas se traducen en impulso, en seguimento e en axuda que favorece o seu progreso.

Como vemos, todos estes resultados cuestionan a suposta obxectividade e precisión da avaliación nun dobre sentido: por unha parte mostran ata que punto as valoracións habituais están sometidas a amplísimos marxes de incerteza (aínda que os profesores adoitemos escribir notas como 4,75, como se todo o que aprendemos sobre marxes de imprecisión, reprodución de resultados, etc. deixase de ser válido cando se trata de avaliar) e, por outra parte, fan ver que a avaliación constitúe un instrumento que afecta moi decisivamente o que se pretende medir con ela, é dicir, ao propio proceso avaliado. Dito doutro xeito, os profesores non só nos equivocamos ao cualificar (dando, por exemplo, puntuacións máis baixas a exercicios que cremos feitos por alumnos "mediocres"), senón que contribuímos a que os nosos prexuízos -os prexuízos, en definitiva, de toda a sociedade- se convertan en realidade: eses alumnos rematan tendo logros inferiores e actitudes máis negativas cara á aprendizaxe das ciencias que os alumnos considerados brillantes.

É preciso, pois, superar as actuais expectativas negativas de boa parte do profesorado e da sociedade e avanzar cara á ampliación da escolaridade obrigatoria e cara a un máis amplo acceso aos estudos superiores. Precisamente, un dos resultados máis notables da *Effective School Research* (Rivas, 1986) foi que o funcionamento das "escolas eficaces" estaba caracterizado polas altas expectativas que os profesores dos centros posuían e transmitían aos seus alumnos, así como polo seguimento e polo apoio constante ao seu traballo. Todo parece indicar, pois, que as dificultades actuais son debidas, polo menos en parte, a un clima xeneralizado de desconfianza e rexeitamento, que está a xerar expectativas negativas entre os profesores e os propios estudantes e, polo tanto, a aceptación do fracaso de moitos deles como algo "natural" que debe ser detectado e oficializado con probas selectivas "rigorosas e obxectivas".

Como vemos, os decepcionantes resultados da educación científica que afectan a todos os ámbitos do ensino non poden despacharse con explicacións simplistas, baseadas nunha suposta incapacidade da maioría dos estudantes, ou nas deficiencias do ámbito anterior. Non obstante, esa é a opinión, xa o sinalamos, de moitos profesores de materias científicas, tanto universitarios como de secundaria, que se refiren á "falta de base", á inadecuada preparación proporcionada polo ámbito anterior (secundaria ou primaria) e á falta de medidas selectivas eficaces, como as principais causas de fracaso dos seus estudantes.

Podemos, pois, concluír, que a evidencia "da falta de base", dun crecente "descenso de nivel", supostamente certificada por "avaliacións rigorosas", constitúe un auténtico mito, como mostraron os resultados converxentes de numerosas investigacións. Pero estes resultados tropezan coa escasa atención do profesorado e das propias autoridades ministeriais cara a esa investigación, así como coa seguridade que proporciona un coñecemento profundo das materias ensinadas, que ninguén parece poñer en dúbida, en particular polo que se refire ao profesorado universitario. Analizaremos no seguinte apartado en que medida o devandito coñecemento faculta o profesorado de universidade e de secundaria, efectivamente, para detectar e interpretar as deficiencias do ámbito anterior e para determinar as vías de solución. E estudaremos, máis globalmente, ata que punto se pode aceptar a tese central dunha grave desconexión entre os ámbitos de secundaria e universidade, á que se atribúen as principais dificultades.

2.3. Os problemas da preparación do profesorado e da suposta desconexión secundaria-universidade

Existe un acordo xeral en que o coñecemento profundo da materia que se ha de impartir constitúe un requisito imprescindible para un ensino de calidade. A investigación mostrou, en efecto, que a falta do coñecemento dificulta moi seriamente que os profesores afectados poidan valorar correctamente os resultados do ensino ou participar na elaboración de propostas innovadoras (Tobin e Espinet, 1989). Pero é preciso ser conscientes de que un bo coñecemento da materia vai máis alá do que adoita impartirse nas facultades de ciencias e non se reduce a coñecer os feitos, as leis e as teorías que conforman o corpo de coñecementos científicos. Un bo dominio

da materia para un docente, tanto de secundaria como de universidade, supón tamén, entre outros aspectos (Gil *et alii*, 1991):

- Coñecer os problemas que orixinaron a construción dos coñecementos e como chegaron a articularse en corpos coherentes, o que evita visións estáticas e dogmáticas que deforman a natureza do coñecemento científico. Trátase, en definitiva, de coñecer a historia das ciencias, non só como un aspecto básico da cultura científica xeral, senón, primordialmente, como unha forma de asociar os coñecementos científicos cos problemas que orixinaron a súa construción, sen os que os coñecementos aparecen como construcións arbitrarias. Pódese así, ademais, saber cales foron as dificultades, os obstáculos epistemolóxicos que houbo que superar, o que constitúe unha axuda imprescindible para comprender as dificultades dos estudantes.
- Coñecer as orientacións metodolóxicas empregadas na construción dos coñecementos, é dicir, coñecer a forma en que os científicos formulan e tratan os problemas, as características máis notables da súa actividade, os criterios de validación e aceptación das teorías científicas etc.
- Coñecer as interaccións ciencia, tecnoloxía e sociedade asociadas á construción de coñecementos, sen ignorar o carácter a miúdo conflitivo do papel social das ciencias e a necesidade da toma de decisións.
- Ter algún coñecemento dos desenvolvementos científicos recentes e as súas perspectivas, para poder transmitir unha visión dinámica, non pechada, da ciencia.
- Adquirir coñecementos doutras disciplinas relacionadas, para poder tratar problemas "ponte", as interaccións entre distintos campos e os procesos de unificación, que constitúen momentos cumio do desenvolvemento científico.

As necesidades formativas dos profesores de materias científicas non se limitan, por outra parte, a este coñecemento en profundidade da disciplina, senón que inclúen moitos outros elementos específicos da docencia, como saber deseñar programas axeitados de actividades e todo o que supón dirixir e

avaliar a actividade dos estudantes. Tan só resaltaremos o papel esencial que xogan (ou, mellor dito, haberían de xogar) na devandita formación o coñecemento, a análise crítica do pensamento docente espontáneo (Porlán, 1993; Bell, 1998) e a familiarización co corpo de coñecementos teóricos que a didáctica das ciencias nos ofrece hoxe arredor dos problemas que formula o proceso de ensino/aprendizaxe das ciencias (Fraser e Tobin, 1998; Perales e Cañal, 2000).

Ata que punto os profesores de ciencias posuímos ese conxunto de coñecementos? Non resulta difícil responder cun non rotundo polo que respecta á formación inicial que recibimos os profesores de secundaria ou de universidade. Unha formación inicial absolutamente idéntica -o que é importante recordar á hora de analizar a suposta "desconexión" secundaria-universidade- que se limita a unha transmisión de coñecementos conceptuais, en que está ausente unha mínima aproximación á natureza da ciencia e ás relacións CTS. Pero unha preparación como a que presentamos resumidamente ha de ser concebida como parte dunha formación continua do profesorado en activo, e aquí si aparecen diferenzas importantes entre o profesorado de secundaria e universidade que merecen ser discutidas para, entre outras cousas, ver se xustifican a suposta desconexión entre ambos os dous ámbitos.

Unha diferenza radica en que, entre bastantes profesores de secundaria se constata unha preocupación pola renovación do seu ensino para responder a un fracaso escolar -que adoita vir acompañado dun crecente rexeitamento cara aos estudos científicos- que se convertiu nun problema social, sen paralelo, ata o momento, na universidade. O recoñecemento da importancia da alfabetización científica, e as dificultades atopadas para a súa extensión ao conxunto da cidadanía (Simpson *et alii*, 1994), impulsaron a investigación con respecto á educación científica e tecnolóxica no ámbito da secundaria, que chegou a ser, segundo valorou a American Association for the Advancement of Science, unha das áreas estratéxicas da investigación científica. De feito, os logros desta investigación en apenas dúas décadas foron realmente impresionantes, como evidencian por exemplo, os *Handbooks* publicados (Gabel, 1994; Fraser e Tobin, 1998).

Todo ese dinamismo aparece estreitamente asociado á apertura dun proceso de reformas que se viñeron fundamentando, debatendo e ensaiando en numerosos países ao longo de máis dunha década e orientados a organizar

a aprendizaxe das ciencias como un traballo dos estudantes próximo a unha investigación, debidamente apoiado polo profesor.

A idea de que a aprendizaxe e o ensino das ciencias se desenvolvan como un proceso de (re)construción de coñecementos nun contexto que se inspire (dentro do posible en cada ámbito) no da investigación científica é compartida por un amplo abano de investigadores en didáctica das ciencias e moitas das recentes propostas curriculares fixeron súa esta orientación. Así, os National Standards for Science Education (1996) proclaman que *"en todos os ámbitos, a educación científica debe basearse na metodoloxía da investigación"*, como xeito de favorecer, tanto unha actividade significativa con respecto a problemas de posible interese para os estudantes, como a súa progresiva autonomía de xuízo e capacidade de participación en tarefas colectivas. Iso fundaméntase, entre outras razóns, no feito de que o contexto hipotético-dedutivo, característico dunha investigación, subministra oportunidades idóneas para unha aprendizaxe profunda ao obrigar a formular problemas e discutir a súa relevancia, tomar decisións que permitan avanzar, formular situacións hipotéticas, poñelas a proba dentro dunha estrutura lóxica xeral, obter evidencias para apoiar as conclusións, utilizar os criterios de coherencia e universalidade etc; e todo iso nun ambiente de traballo colectivo e de implicación persoal na tarefa. "Investigar" -ou, se utilizamos outras terminoloxías próximas, "indagar" (Díaz e Jiménez, 1999) ou "construír modelos" (Pozo, 1999)- é unha forma de aprendizaxe profunda: enfrontarse a situacións problemáticas e elaborar posibles solucións a modo de hipóteses, esixe o desenvolvemento de procesos de xustificación individuais e colectivos, que forman parte das estratexias científicas.

Este dinamismo e estes progresos da investigación e de innovación foron xerais nos países dos nosos arredores culturais e exerceron a súa influencia en numerosos profesores de secundaria. Como xa sinalaba Briscoe (1991) ao se referir á experiencia norteamericana, cada ano miles de profesores participan en seminarios ou asisten a cursos coa intención de se perfeccionaren profesionalmente e familiarizarse con novas técnicas, novos materiais curriculares, novas formas de favorecer a creatividade e a aprendizaxe dos alumnos.

Cales son os resultados destes esforzos? A pesar desa vontade de renovación a que nos referiamos, que levou a numerosos docentes a participar en cursos de perfeccionamento, grande parte destes profesores e

profesoras atópanse, antes de que poidan darse de conta, ensinando da mesma forma que fixeran sempre, adaptando os novos materiais ou técnicas aos patróns tradicionais, lonxe de calquera orientación investigadora. Xérase así unha lóxica frustración e unha decepción ao percibir que as cousas non funcionaron mellor que os anos anteriores a pesar das novas e prometedoras ideas. Cales poden ser os motivos desta falta xeral de efectividade? De forma moi sucinta, referirémonos a tres causas sinaladas polos investigadores:

En primeiro lugar, este resultado -que afectou á xeneralidade dos actuais procesos de renovación- non é debido a que as innovacións consideradas carezan de interese, senón que pon en evidencia que un modelo de ensino é algo máis que un conxunto de elementos xustapostos e intercambiabiles: constitúe unha estrutura dotada de certa coherencia e cada un dos seus elementos vén apoiado polos restantes (Viennot, 1989). Empezouse así a comprender que os esforzos de innovación no ensino das ciencias, realizados estas últimas décadas, perden grande parte da súa capacidade transformadora se quedan en achegas concretas, desligadas, como as que se tratan, a miúdo, nos cursos de perfeccionamento do profesorado. Así, por exemplo, os investigadores chamaron a atención sobre a necesidade de acompañar as innovacións curriculares de cambios similares na avaliación (Linn, 1987). Pouco importan, en efecto, as innovacións introducidas ou os obxectivos enunciados: se a avaliación segue consistindo en exercicios para constatar o grao de retención dalgúns coñecementos "conceptuais", este será para os alumnos o verdadeiro obxectivo da aprendizaxe.

A segunda causa do fracaso de moitos esforzos de renovación curricular e mellora do ensino estriba en que, como mostrou Cronin-Jones (1991), entre outros, os deseñadores de currículos non adoitan ter en conta a forte influencia das concepcións dos profesores no proceso de implementación curricular. En efecto, comeza hoxe a comprenderse que os profesores temos ideas, actitudes e comportamentos sobre o ensino que son debidos a unha longa formación "ambiental", en particular durante o período en que fomos alumnos, que exerce unha notable influencia por responder a experiencias reiteradas e adquirirse de forma non reflexiva, como algo natural, obvio, de sentido común, e que escapa así á crítica e se converte, insistimos, nun verdadeiro obstáculo para o cambio (Gil *et alii*, 1991; Porlán, 1993; Bell, 1998).

Pero aínda que ter en conta estas concepcións constitúe un requisito esencial para incorporar o profesorado ao proceso de renovación curricular, iso non é suficiente para logralo, debido, como mostrou a investigación, a unha terceira causa do fracaso das reformas educativas: referímonos á escasa efectividade de lle transmitir ao profesorado as propostas dos expertos para a súa aplicación. É necesario, ademais, que os profesores participemos na construción dos novos coñecementos didácticos, tratando os problemas que o ensino nos formula (Briscoe, 1991). Sen esa participación, non só resulta difícil que os profesores e profesoras fagan seus e leven eficazmente adiante os cambios curriculares, senón que cabe esperar unha actitude de rexeitamento apoiada, entre outros, en certas preconcepcións docentes, ás que xa fixemos referencia, como o temor ao "descenso do nivel" que pode supoñer a prolongación da escolaridade obrigatoria para novos sectores da poboación.

Dificultades como as sinaladas, ás que habería que engadir a falta de formación para a investigación do profesorado de secundaria, tradúcense nun clima de resistencia (explícita ou implícita) de moitos profesores ás innovacións e en imposibilidade de progresos xeneralizados.

Polo que respecta aos profesores universitarios, non se deu ata aquí, salvo en casos illados, unha especial atención aos problemas de ensino/aprendizaxe, pero cabería esperar que a súa preparación para a investigación, a través da incorporación a equipos dirixidos por expertos, que forma parte esencial da súa actividade a diferenza do que acontece hoxe coa maioría dos profesores de secundaria, podería transferirse ao tratamento dos devanditos problemas e levalos a orientar a aprendizaxe dos seus estudantes como unha investigación debidamente apoiada, tal como reclaman os expertos. Hai que recoñecer, non obstante, que esta preparación para a investigación dos profesores universitarios non se traduce nun mellor tratamento dos problemas de ensino/aprendizaxe, debido á absoluta separación que na universidade se dá, en xeral, entre actividade investigadora e ensino. A iso contribúe o feito de que a incorporación á docencia universitaria adoita ser un subproduto da incorporación ás tarefas de investigación e é vivida, en bastantes ocasións, como unha carga que quita tempo a esas tarefas investigadoras prioritarias, así como a diferente valoración social da docencia e a investigación: ensinar é visto como algo estándar, repetitivo, que pode facer calquera, mentres que a investigación é unha tarefa complexa, aberta e creativa, reservada aos mellores.

É ben sabido, por outra parte, que os comportamentos non se transfiren automaticamente duns campos de actividade a outros. Pódese ser un notable investigador en, poñamos, bioloxía molecular, e ao mesmo tempo ser capaz de afirmar con contundencia calquera trivialidade no ámbito educativo que non resiste unha mínima análise. Pensar e actuar cientificamente constitúe un esforzo consciente que se realiza no estrito campo de investigación, mentres que na política, na vida familiar, na educación, pódese e adóitase actuar cunha espontánea falta de espírito crítico. É o que sucede coas rotundas denuncias que dende a universidade se fan das deficiencias da secundaria; non son o froito dun coñecemento profundo, supostamente irrefutabile, senón da aceptación de mitos inconsistentes. E o mesmo pode dicirse, claro está, das críticas que dende a secundaria se dirixen á primaria.

Non se aprecian, en definitiva, diferenzas esenciais entre as formulacións docentes do profesorado de secundaria e de universidade: en ambos os dous casos atopamos concepcións espontáneas semellantes para o enfoque dos problemas de ensino/aprendizaxe. E en ambos os dous casos a práctica docente maioritaria tradúcese nesta omnipresente transmisión de coñecementos conceptuais xa elaborados, exercicios operativos formulados como "non problemas" ou prácticas de laboratorio desenvolvidas a modo de ríxidas "receitas", todo iso afastado das estratexias flexibles e tentativas propias da actividade científica, e ademais, presentado de forma descontextualizada.

Podemos concluír, pois, que non existe un problema de desconexión real entre a secundaria e a universidade, senón, pola contra, unha coherencia básica na orientación e nos resultados obtidos. Unha coherencia que é froito dunha formación inicial do profesorado idéntica, que se impón como modelo vivido, e dunha mesma falta de cuestionamento, de tratamento en profundidade dos problemas de ensino/aprendizaxe das ciencias, que se abordan acriticamente dende concepcións espontáneas similares.

Significa iso que non hai lugar para reclamar e potenciar unhas relacións secundaria-universidade máis estreitas e que non se pode esperar nada destas para a mellora da educación científica? A resposta é afirmativa se se conciben as devanditas relacións como unha vinculación xerárquica destinada a que os profesores universitarios "cubran as deficiencias" dos seus colegas de instituto, a través da explicación de temas, a montaxe de sesións de prácticas etc. Este tipo de "perfeccionamento" só pode servir, en xeral, para "refrescar"

as orientacións que os profesores de secundaria (e os de universidade) xa recibiron nas facultades, é dicir, para "máis do mesmo", para reforzar os enfoques meramente operativos que presentan á ciencia como unha actividade descontextualizada, ríxida etc., nas antípodas da súa verdadeira natureza de aventura do pensamento. Existe, no entanto, outro enfoque posible, radicalmente distinto, das devanditas relacións secundaria-universidade, que si pode contribuír á mellora do ensino secundario e universitario. Permítannos sinalar, en efecto, que a mellora do ensino universitario -e, moi concretamente, a destinada á formación do profesorado de ciencias (Anderson e Mitchener, 1994)- formúlase hoxe coa mesma urxencia, polo menos, que a dos ámbitos denominados "inferiores" (cunha terminoloxía que transparenta inxenuas concepcións elitistas moi frecuentes).

Referirémonos, seguidamente, a ese posible pero fecundo enfoque das relacións secundaria-universidade, que trata de non incorrer nos mitos bloqueadores que analizamos ata aquí.

2.4. Por unhas novas relacións secundaria-universidade

Como intentamos mostrar, non pode falarse de desconexión entre secundaria e universidade no que se refire ao ensino das ciencias. Ao contrario, atopámonos con orientacións similares, que responden a unha mesma formación e a unhas mesmas carencias. E se falamos de falta de relación para sinalar que non hai contactos regulares entre profesores universitarios e de instituto, hai que recoñecer que iso é certo, pero tan certo como que tampouco se dan contactos regulares entre os mesmos profesores de secundaria ou, polo que se refire á docencia, entre os profesores de universidade (referímonos ao verdadeiro traballo colectivo, non a simples contactos de coordinación ou de preparación de exames etc., que, claro está, si teñen lugar en ambos os dous ámbitos). E non se dá ese traballo colectivo en ningún dos dous casos porque se comparte un mito ao que xa fixemos referencia: o de que ensinar é doado, unha actividade escasamente esixente que cada quen pode realizar illadamente a partir da formación recibida na facultade.

O que mostrou a xa ampla investigación no campo da educación científica cuestiona radicalmente ese mito (Gabel, 1994; Fraser e Tobin, 1998). Un ensino de calidade esixe tratar con rigor os problemas que formula o

proceso de ensino/aprendizaxe das ciencias, esixe investigar e innovar. E iso vale, debemos insistir, tanto para a educación secundaria como para a universidade.

En efecto, a implicación do profesorado universitario en actividades de innovación e de investigación educativas pode darse por segura a medio prazo, polas mesmas razóns que provocaron o inicio (aínda moi insuficientemente desenvolvido) da innovación e da investigación educativas arredor do ensino primario e, máis tarde, do secundario: o forte incremento da poboación escolar -agora, tamén afortunadamente, a universitaria- que converte en problemas sociais o fracaso de moitos estudantes, a súa actitude de rexeitamento, ou a deficiente preparación dos que rematan os estudos. A sociedade e a propia universidade non poden permanecer indiferentes ante estes problemas -que afectan gravemente ás posibilidades de desenvolvemento social- nin se contentaren con falsas explicacións autoexculpatorias que nada modifican.

Iso impulsará -está comezando xa a impulsar nalgunhas universidades- esforzos de mellora, traballos de innovación e de investigación (Gil, Carrascosa e Martínez Terrades, 2000). Accións que poden resultar potenciadas por equipos mixtos, sempre que se eviten certos tics -como dar por sentado que se pretenden tratar "as deficiencias" da secundaria dende unha universidade incuestionable-, baseados nos mitos que analizamos. En efecto, a coherencia que agora existe na orientación do ensino en ambos os dous ámbitos, debe lograrse tamén nas transformacións necesarias. Trataríase, en definitiva, de reorientar as relacións secundaria-universidade como parte dunha reconsideración en profundidade de toda a educación científica. Unha reconsideración que se apoie na abundante investigación xa existente e, sobre todo, nunha participación xeneralizada do profesorado na construción dos novos coñecementos didácticos, ao tratar os problemas que o ensino nos formula. Sen esa participación, xa o sinalamos, resulta difícil que os profesores e profesoras -de secundaria ou de universidade- levemos eficazmente adiante as necesarias transformacións, aínda que estean fundamentadas en rigorosas investigacións (Briscoe, 1991).

No caso do profesorado universitario, existe unha práctica da investigación que pode ser moi útil para tratar con rigor os problemas de ensino/aprendizaxe. De feito, boa parte da investigación en didáctica das ciencias foi realizada por profesores universitarios "reconvertidos" que, por

unhas ou outras razóns, puideron romper cos mitos que bloquean habitualmente a aproximación aos problemas de ensino/aprendizaxe. A cuestión esencial estriba, pois, en favorecer o cuestionamiento dos mitos e, moi en particular, en mostrar a posibilidade dunha docencia liberada das súas connotacións negativas (monotonía, rixidez etc.), capaz de formular os desafíos e de xerar as satisfaccións dunha actividade aberta e creativa, como a mesma investigación.

Para o caso do profesorado de secundaria é preciso, ademais, un cambio substancial na concepción social do que supón ensinar, que afecta ás condicións laborais vixentes. Unhas condicións que non teñen en conta esta necesidade de traballo colectivo de investigación e de innovación como parte esencial da tarefa docente: os horarios lectivos recargados, por exemplo, constitúen unha moi seria dificultade.

Por iso, o establecemento dunha estrutura plenamente efectiva de tratamento dos problemas de ensino/aprendizaxe constitúe un proxecto extremadamente esixente dende moitos puntos de vista (incluído o orzamentario) e, polo tanto, necesita dunha profunda reconsideración do papel da educación nas nosas sociedades. Ha de considerarse, pois, como un obxectivo a longo prazo, (o que non significa, nin moito menos, pospoñer as accións necesarias para logralo), como o resultado dun proceso no que estamos inmersos e que en pouco máis dun século xeneralizou a educación primaria e secundaria nos países desenvolvidos.

Un proceso que, como se sinala no Informe á UNESCO da Comisión Internacional sobre a Educación para o Século XXI (Delors *et alii*, 1996) ha de estender a educación a todos os cidadáns e cidadás do planeta ao longo de toda a vida, para facer posible unha sociedade sostible (ver, www.oei.es/decada, Vilches e Gil, 2003). É nese marco autenticamente revolucionario de *Educación para a Sostenibilidade* -o significado da cal apenas empezamos a construír- no que debemos tratar o establecemento dunhas novas relacións de cooperación e impulso mutuo entre os distintos ámbitos educativos.

3. A universidade como ámbito privilexiado para unha aprendizaxe como investigación orientada *

3.1. Introducción e formulación do problema

A idea de que a aprendizaxe e o ensino das ciencias se desenvolva como un proceso de (re)construción de coñecementos nun contexto que se inspire (dentro do posible en cada ámbito) na investigación é compartido por un amplo abano de investigadores en didáctica das ciencias (Osborne e Wittrok, 1985; Driver e Holdham, 1986; Gil e Martínez Torregrosa, 1987; Duschl, 1990 e 1995; Burbules e Linn, 1991; Hodson, 1992; Bencze e Hodson, 1999; Furió e Guisasola, 1998; Zoller, 1999; Gil, Carrascosa *et alii* 1999 etc.). Tamén as recentes propostas curriculares fixeron súa esta orientación. Así, os National Standards for Science Education (National Research Council, 1996) proclaman que "*en todos os ámbitos, a educación científica debe basearse na metodoloxía da investigación*", como forma de favorecer tanto unha actividade significativa sobre problemas de interese para os estudantes, como a súa progresiva autonomía de xuízo e capacidade de participación en tarefas colectivas.

Iso fundaméntese, entre outras razóns, no feito de que o contexto hipotético-dedutivo característico dunha investigación, subministra oportunidades idóneas para unha aprendizaxe profunda ao obrigar a formular problemas e discutir a súa relevancia, a tomar decisións que permitan avanzar, a formular situacións hipotéticas, a poñelas a proba dentro dunha estrutura lóxica xeral, a obter evidencias para apoiar as conclusións, a utilizar os criterios de coherencia e universalidade etc. e todo iso nun ambiente de traballo colectivo e de implicación persoal na tarefa. "Investigar" -ou, utilizando outras terminoloxías próximas, "indagar" (Díaz e Jiménez, 1999), ou "construír

*Este capítulo está baseado nos seguintes traballos:

Martínez Torregrosa, J., Gil Pérez, D. e Bernat Martínez, S. (2003). La Universidad como nivel privilejiado para un aprendizaje como investigación orientada. En C. Monero e J. I. Pozo, *La Universidad ante la nueva cultura educativa*. Barcelona: Editorial Síntesis.

Gil Pérez, D. e Vilches, A. (2008). Que deben saber e saber facer os profesores Universitarios? En Varios autores, *Novos enfoques no ensino universitario* (pp. 25-43). Universidade de Vigo.

modelos" (Pozo, 1999)- é unha forma de aprendizaxe profunda: enfrontarse a situacións problemáticas e elaborar posibles solucións a modo de hipóteses esixe o desenvolvemento de procesos de xustificación individuais e colectivos, que forman parte das estratexias científicas.

Cómpre sinalar que estas estratexias formativas son as utilizadas na universidade con aqueles posgraduados que se incorporan a algún departamento para prepararse como futuros investigadores. Tamén hai que destacar que este período é vivido, pola xeneralidade dos que pasan por el, como o máis frutífero da súa formación. Non obstante, esta concepción está totalmente ausente da realidade das aulas universitarias de primeiro e de segundo ciclo. A omnipresente transmisión de coñecementos xa elaborados, as coleccións de exercicios resoltos como "non problemas" e as "prácticas de laboratorio" desenvolvidas a xeito de receitas e desligadas da estrutura lóxica das materias (con maior ou menor apoio das "novas tecnoloxías"), parecen insubstituíbles por diversas razóns que sería moi conveniente investigar, entre as que pode xogar un papel importante, ao o noso parecer, un pensamento docente espontáneo que afasta completamente ensino e investigación.

Malia iso, o notable crecemento da poboación universitaria está a converter as coñecidas dificultades e o fracaso académico de elevadas porcentaxes de estudantes nun problema social que empeza a merecer atención, é dicir, reflexión crítica, innovacións ben intencionadas -pero, a miúdo, carentes de fundamentación- e, por último, investigación. Comeza a reproducirse así, na universidade, o mesmo proceso iniciado hai algunhas décadas na educación secundaria e, moito antes, na primaria.

O noso traballo insírese neste proceso e ápoiase en esforzos de innovación e de investigación no campo da educación científica, tanto no ámbito secundario coma no universitario (Gil, Furió *et alii*, 1999; Black, 2000). A continuación mostraremos como concibimos unha educación deste tipo para o caso concreto das materias científicas, indicando a forma de estruturar as actividades típicas do devandito ensino, así como a necesaria reorientación da avaliación.

3.2. A estrutura dos temas e dos cursos nun contexto de investigación

Se, como intentamos fundamentar moi superficialmente, a aprendizaxe sólida dos coñecementos científicos implica o desenvolvemento simultáneo de procesos de produción e de aceptación típicos do traballo científico, e da implicación axiolóxica necesaria para que esa tarefa tan esixente poida levarse a cabo, a planificación dun curso e dos temas nel desenvolvidos non pode responder simplemente á lóxica que expresa a secuencia "Que obxectivos deben lograr os estudantes?, que contidos impartir?, como ha de ser o exame para constatar a aprendizaxe lograda?"; senón que obriga a formularse as preguntas " Como crear situacións problemáticas no curso e en cada un dos temas incluídos para favorecer a aprendizaxe con sentido? e como avaliar para impulsar e para orientar a devandita aprendizaxe ?"

Dende a nosa proposta, polo tanto, para organizar a estrutura dos temas e dos cursos, é necesario identificar algúns dos problemas que están na orixe das teorías que queremos que pasen a formar parte dos coñecementos dos nosos alumnos, discutir a súa relevancia e planificar unha estratexia que permita avanzar na solución aos problemas formulados nun ambiente hipotético dedutivo e que subministre oportunidades para a apropiación da epistemoloxía científica. Isto require unha análise histórica, epistemolóxica e didáctica sobre a materia seleccionada para que o seu estudo sexa útil e factible para os estudantes implicados. Esta análise está guiada por preguntas tales como:

- Que problemas están na orixe das teorías que desexamos que pasen a formar parte da bagaxe dos nosos alumnos (obxectivos/ clave)?
- Cales son/foron os obstáculos máis importantes que houbo que superar para avanzar na solución aos problemas formulados? Que ideas, que razoamentos poden ter os alumnos sobre os aspectos anteriores que poidan supoñer obstáculos para a aprendizaxe e que, polo tanto, deben ser tomados en consideración? (Identificación de obxectivos/ obstáculos).
- Que plan concreto de investigación –en secuencias- convén propoñer aos estudantes para avanzar na solución aos problemas iniciais?

Este traballo está dirixido, en definitiva, ao deseño dunha estrutura do curso que permita aos estudantes, co apoio do profesor, enfrontarse a situacións problemáticas de interese, que poñan en xogo boa parte dos procesos de produción e de validación dos coñecementos científicos. Máis concretamente iso supón:

1. Formular, no inicio do curso (e, se é o caso, dos grandes bloques ou temas que o compoñan) situacións problemáticas que estean inspiradas dende o punto de vista histórico e/ou epistemolóxico, na orixe dos coñecementos implicados e sirvan de punto de partida para o traballo dos estudantes. Por suposto, debe prestarse atención explícita a que os alumnos se apropien do ou dos problemas, a que tomen conciencia do seu interese, como condición necesaria para a súa implicación na tarefa.
2. Diseñar as secuencias dos temas do curso cunha lóxica problematizada, é dicir, como unha posible estratexia para avanzar na solución ás grandes preguntas iniciais. Isto dá lugar a un fío condutor en que cada tema se transforma nun problema máis concreto, a solución do cal permite avanzar no problema inicial, ao mesmo tempo que pode xerar novos problemas e facer que se incrementen así as relacións entre os distintos temas.
3. Organizar o índice de cada un dos temas/problema de forma que responda igualmente a unha posible estratexia para avanzar na súa solución, é dicir, a un "plan de investigación" deseñado polo profesor (ou, mellor, por equipos de profesores). Neste sentido, a estrutura ou secuencia de apartados do tema debe estar ligada intencional e loxicamente co problema inicial. A estrutura dos temas non está guiada, polo tanto, como é habitual, polos conceptos fundamentais, senón por un intento de formular e avanzar en problemas fundamentais. Deste modo, os conceptos son introducidos funcionalmente como parte do proceso de tratamento dos problemas formulados e de unificación de campos inicialmente inconexos. Se o coñecemento científico é froito dun intento de responder preguntas, por que pretender que os alumnos aprendan respostas sen coñecer as preguntas ás que responden? (Otero, 1985).

4. Neste contexto de resolución de problemas, os conceptos e modelos introdúcense, por alumnos e profesor, como tentativas, como hipóteses fundadas, que deben ser postas a proba, tanto a través da súa capacidade predictiva en situacións de laboratorio e no tratamento de situacións problemáticas abertas concretas -que requiren unha modelización baseada nestes (contexto de resolución de problemas, que inclúe a toma de decisións en situacións de interese social)-, como a través do establecemento da súa coherencia coa globalidade dos coñecementos xa dados por investigacións precedentes. A realización de exercicios, os traballos prácticos e a resolución de problemas intégranse con sentido, xunto á introdución de conceptos e as súas relacións, dentro da estrutura de investigación (Gil, Furió *et alii*, 1999).
5. Consideramos esencial a realización de recapitulacións periódicas (recapitulacións con situacións problemáticas) sobre o avanzado na solución ao problema formulado, os obstáculos superados e o que queda por facer; e prestarase así especial atención á regulación e orientación dos alumnos no desenvolvemento da investigación.

Todo iso constitúe unha forma de traballo na aula que favorece a explicitación das propias ideas e a súa confrontación coas doutros, nun ambiente hipotético-dedutivo rico en episodios de argumentación e xustificación, tan importantes para a aprendizaxe de coñecementos científicos (Driver, Newton e Osborne, 2000). Preténdese así, en definitiva, crear un ambiente que favoreza simultaneamente a implicación afectiva e a racionalidade científica de todos os implicados (profesor e alumnos) na resolución dos problemas. Por suposto, iso esixe unha coidadosa planificación da tarefa polo profesor, mediante programas de investigación (programas de actividades debidamente engarzadas) e deixar tempo na aula para que os alumnos pensen, argumenten e refuten. Presentaremos seguidamente un exemplo concreto.

3.3. Un exemplo de tema estruturado como investigación dirixida

A título de exemplo presentamos o resultado deste proceso para un tema concreto: "Como se moven o Sol e a Terra? (Iniciación á astronomía diurna)", impartido a estudantes de 2º curso de Maxisterio, na materia de Ciencias da natureza e a súa didáctica.

O estudo histórico, epistemolóxico e didáctico permítenos identificar cal é o problema que está na orixe dos coñecementos que desexamos que aprendan os nosos alumnos, os obxectivos máis concretos que debemos tratar e os obstáculos previsibles para a súa aprendizaxe. Dende o primeiro momento, este estudo realizámolo cunha intención "problemática", en que se buscan as preguntas e as respostas esenciais para avanzar no coñecemento deste campo. Simultaneamente, imos elaborando a estrutura con situacións problemáticas do tema e concretámola nun programa-guía de actividades para propoñerlles aos alumnos na clase. No caso que nos ocupa o obxectivo clave foi:

Conseguir que os estudantes -profesores en formación- se apropien dun modelo do Sistema Sol/ Terra que lles permita explicar as regularidades observables relacionadas co movemento do Sol (día/ noite; duración, altura, e separación saída/ posta de sol) e realizar predicións sobre observacións locais e noutros puntos do planeta.

En canto ao problema que está na orixe dos coñecementos podería formularse así:

Como deben moverse o Sol e/ou a Terra para explicar as regularidades observacionais diurnas que podemos realizar dende o lugar onde vivimos ou dende calquera outro punto do planeta?

Como obxectivos máis concretos (e obstáculos asociados) podemos mencionar:

1. Coñecer as regularidades observacionais que inclúen a súa oscilación cíclica e simétrica e as relacións entre elas. Os obstáculos asociados serían:

- Algunhas ideas e fixacións espontáneas (a fonte das cales pode ser tanto social como académica) sobre as observacións. Por exemplo, as ideas erróneas sobre acimut e a elevación angular máxima (que nunca mediran) nas distintas estacións (crer que o Sol sempre sae polo leste e se pon polo oeste, carácter "extremo" do verán e do inverno e "intermedio" da primavera e o outono, etc.).
- Inexperiencia na realización de observacións astronómicas e no manexo de instrumentos para facelas (debuxar o horizonte, orientarse co compás, medir a altura do Sol cun gnomon, debuxar a traxectoria do Sol no día).

- Uso de definicións estereotipadas sen referentes prácticos (por exemplo: meridiano e paralelo, ecuador etc.).
- 2.** Inventar un modelo que explique o día/noite, as estacións e a duración do ano. Como exemplo de obstáculos podemos mencionar:
- A identificación de observacións e explicacións; de observacións e modelos.
 - As dificultades na visión espacial e en dúas dimensións do modelo. Por exemplo: os debuxos e analoxías deformados do sistema Sol/ Terra afectan á representación da luz solar, e fan que a debuxen como eixes diverxentes, en vez de paralelos, cando chegan á Terra.
- 3.** Utilizar o modelo de xeito gráfico para realizar predicións sobre o que se observará en distintas latitudes nos días especiais (equinoccios e solsticios). Como exemplo de obstáculos teríamos:
- Confusión entre as ideas acerca do que pasa nos polos e nos círculos polares.
 - Limitacións do modelo (non todo é tan perfecto, ollo!: custou milenios e aínda se investiga o movemento do sistema Sol/ Terra).
- 4.** Tomar conciencia da influencia que tivo no pensamento occidental a aceptación do modelo heliocéntrico. Un obstáculo básico constitúeo a visión descontextualizada da ciencia que transmite habitualmente o ensino.

Nos gráficos seguintes preséntase, en primeiro lugar, a estrutura básica dun tema e as cuestións que centran o interese dos profesores para a elaboración do plan de investigación (figura 1) e, a continuación, a estrutura de situacións problemáticas do tema comentado (figura 2). Estas estruturas resultan moi útiles para a elaboración de resúmenes en distintas fases do tema polos alumnos. Concrétanse, como indicamos, nun "plan de investigación" ou secuencia problemática de actividades que son formuladas aos estudantes, quen en pequenos grupos as resollen e lles amosan os resultados obtidos ao resto dos grupos e ao profesor, e estes, a súa vez, xeran de xeito sistemático situacións de posta en común que permiten aprender/ ensinar e avaliar nun ambiente hipotético-dedutivo.

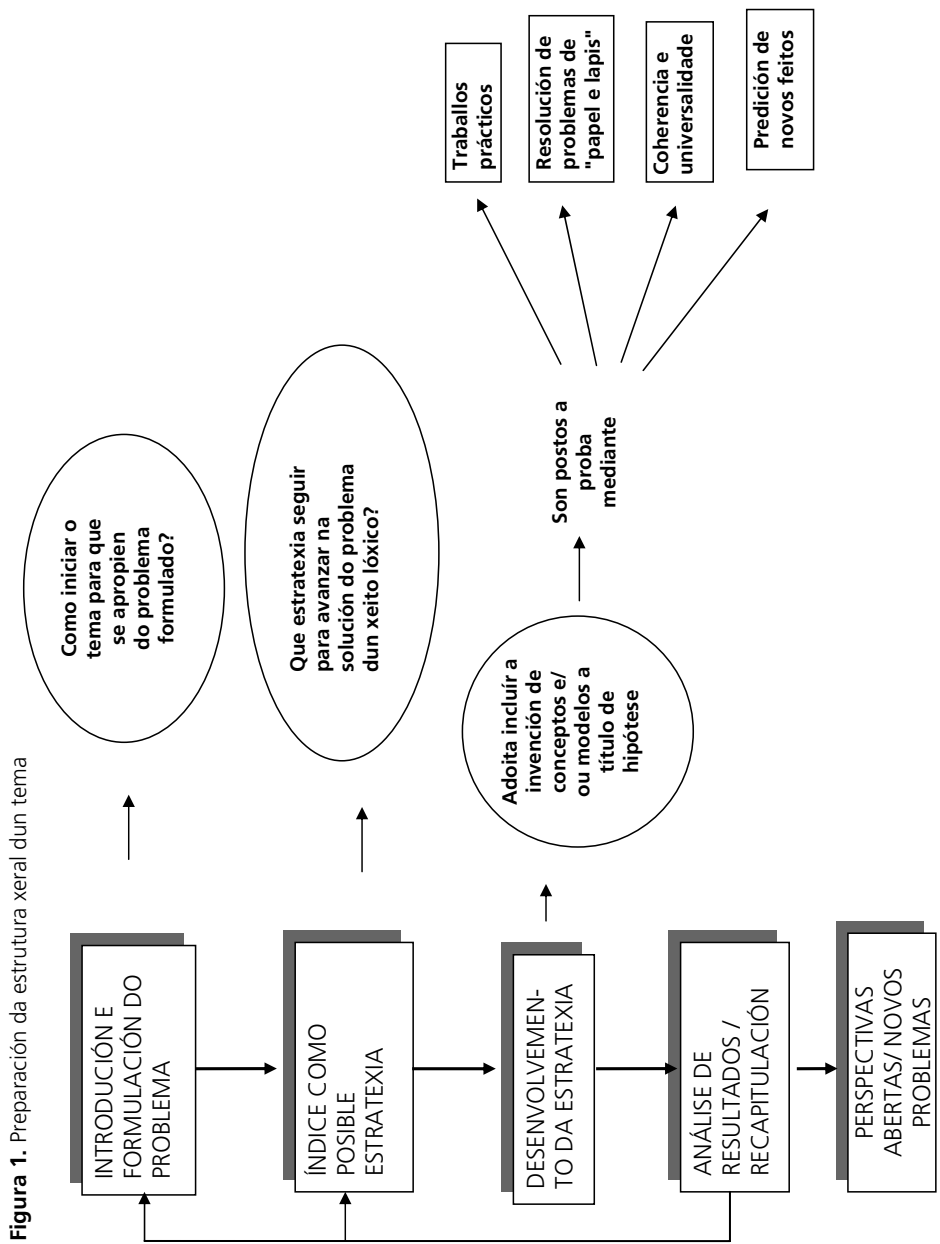
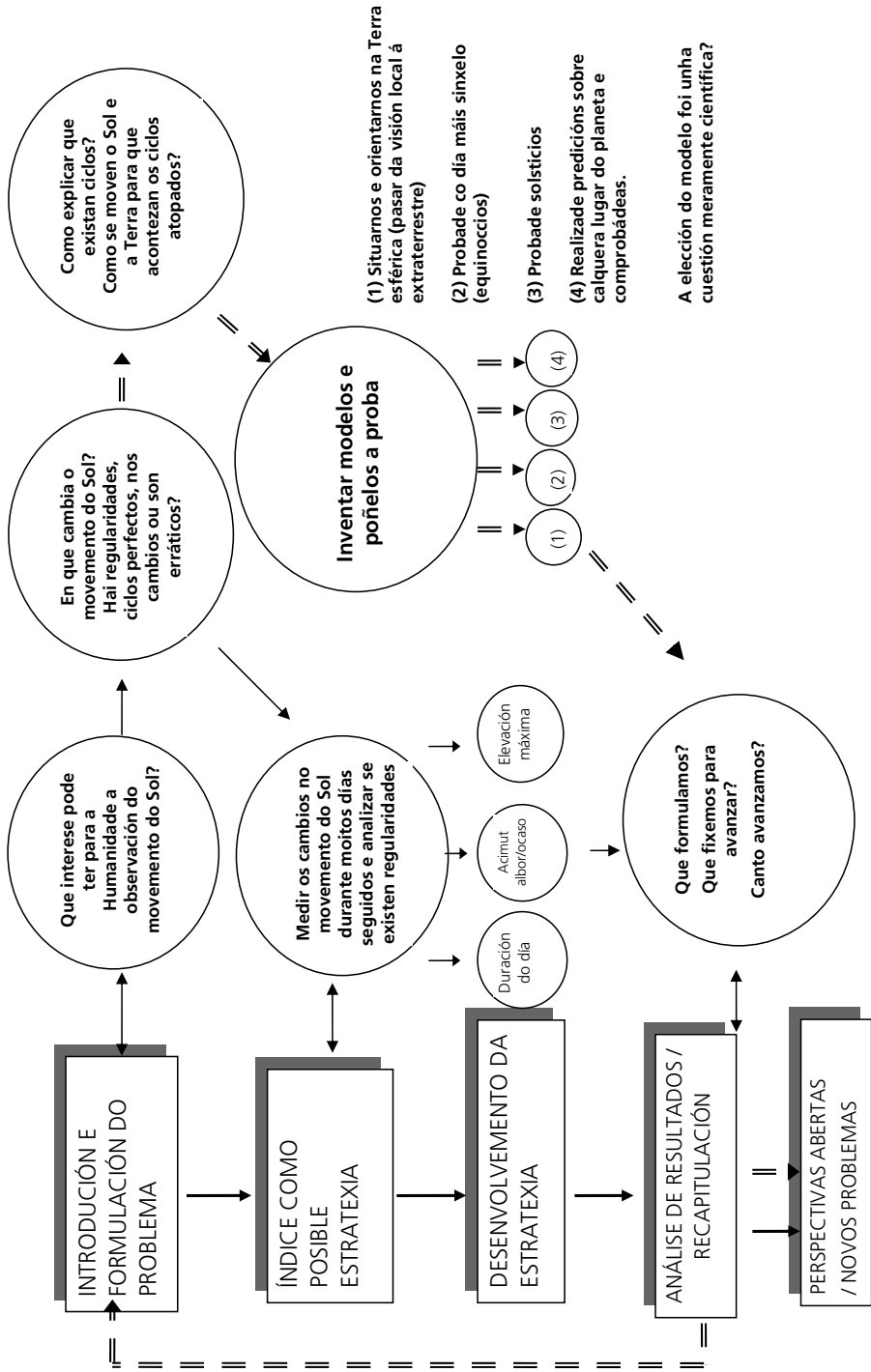


Figura 1. Preparación da estrutura xeral dun tema

Figura 2. Estructura de situacións problemáticas do tema " Como se moven o Sol e a Terra? (Iniciación á astronomía diurna)". Para alumnos de Maxisterio



A modo de exemplo, presentamos unicamente algunhas das actividades (resumidas) tratadas polos alumnos en distintos momentos da investigación dirixida (que conta cunhas corenta actividades). No inicio do tema, para facilitar que os estudantes se apropien do problema:

COMO SE MOVEN O SOL E A TERRA? (INICIACIÓN Á ASTRONOMÍA DIURNA)

Os movementos do Sol, a Lúa e as estrelas chamaron a atención dos seres humanos dende tempos remotos. Aínda que na vida actual a observación do ceo nocturno non é moi habitual (e a luz artificial fai difícil unha observación cómoda nas cidades), na Antigüidade, cando o contacto coa natureza era maior e a contaminación luminosa inexistente, ditos movementos deberon atraer a atención e xerar fascinación. En efecto, non só son movementos omnipresentes senón que todos intuimos que, aínda que existen algúns cambios neles, se producen con certa regularidade asociada ao clima que, á súa vez, afecta o comportamento dos seres vivos. Todos saben que determinados comportamentos ou procesos das plantas e dos animais están relacionados co clima.

A.1 *Describe cambios que poderíamos observar no movemento do Sol se o seguísemos durante moitos días.*

A cuestión de se estas regularidades percibidas se producen cunha periodicidade estrita ou non sempre do mesmo xeito, co mesmo ciclo, e se os cambios que observamos están relacionados entre eles ou non, foi unha cuestión que interesou moito hai máis de 3000 anos. De feito, os primeiros datos numéricos sobre un aspecto científico que se coñecen son os relativos ás posicións do Sol, da Lúa, dos planetas e das estrelas (Asiria, Babilonia, Caldea etc.), e as primeiras "plantas científicas" son observatorios astronómicos (como os de Stonehedge ou os das culturas precolombinas).

A.2 *Que interese podería ter naquela época o estudo das regularidades observadas no movemento dos astros, como o Sol ou a Lúa?*

Pero non só se trataba dun problema de interese práctico: dende tempos tamén remotos, as observacións e relacións cuantitativas das posicións dos astros foron acompañadas de especulacións sobre como era o "mecanismo" real dos devanditos movementos, e que é o que facía que os astros se moveran como o fan. En definitiva, como debían moverse as estrelas, o Sol e a Terra para que se produciran as regularidades e relacións que se observan (é dicir, buscábase unha explicación). O avance neste problema afectaba á concepción do universo e ao "estatus" que a Terra e o home xogaban nel, polo que durante séculos este campo de estudo estivo ligado a ideoloxías e ás relixións, e a súa evolución tivo unha importante repercusión no pensamento occidental.

Neste tema imos formular, pois, dúas cuestións:

1. Como é o movemento do Sol (limitarémonos, para empezar, á astronomía diurna)? Os cambios que observamos no movemento do Sol repítense periodicamente? Fano seguindo unha periodicidade estrita, matemática? Existe relación entre os devanditos cambios ou acontecen independentemente uns doutros?
2. Podemos atopar un modelo de sistema Sol/ Terra, é dicir, de como se moven o Sol e a Terra, que explique conxuntamente as regularidades observacionais e as relacións entre elas?

En A.2, por exemplo, os alumnos aluden á importancia de coñecer se existen ciclos que permitan "contar" o tempo que falta para que se volvan repetir determinados comportamentos de plantas e de animais, ou climáticos, xa que permite planificar a época axeitada para a sementeira e a colleita, o momento de transhumancia de animais (para a caza), prever as provisións necesarias para sobrevivir a períodos secos etc. En definitiva, vese a posibilidade e a importancia de elaborar un calendario (o poder dos sacerdotes/ astrónomos ou a edificación de observatorios astronómicos na Idade de Pedra queda, pois, xustificada). Máis aínda, como se ve, dende ese momento fórmulanse os problemas nos que imos centrar o noso estudo e unha posible estratexia (baseada nunha lóxica con problemas) para avanzar na súa solución (como se indica na figura 2).

No desenvolvemento da estratexia para resolver o primeiro dos problemas, como se ve na figura 2, débese formular o seguimento das posicións de albor e de solpor. Estas son algunhas das actividades que se lles formulan aos alumnos nese momento:

I.2 OS CAMBIOS NA POSICIÓN DE ALBOR E SOLPOR

A.8 *Planifícase como poderíamos comprobar que o Sol non saíse sempre polo mesmo sitio e se existen regularidades nestes cambios.*

A.9 *Un dos problemas que debemos resolver para levar a cabo o plan previsto é indicar con precisión a posición de saída (albor) e de posta (ocaso) do Sol no horizonte. Pensade posibles formas de representar o horizonte de maneira que poidamos debuxar o albor e o ocaso.*

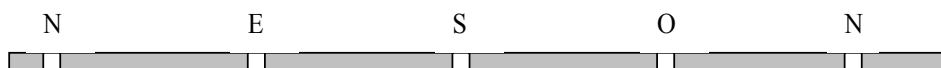
Como se vería, observadores distintos terán horizontes naturais distintos polo que as referencias a sinais como montañas, edificios etc. teñen grandes limitacións. Necesitamos, pois, unha referencia común para todos que nos permita dar a dirección do albor e o ocaso sen usar sinais locais. Coñeces algún instrumento que nos poida subministrar unha referencia fixa, a partir da cal sexa posible determinar a dirección en que se atopa un obxecto no plano do horizonte? Efectivamente, o compás -que debes aprender a utilizar- sinala sempre unha mesma dirección (se está colocado horizontalmente) e sentido (ao norte) e permítenos medir o ángulo que forma unha recta que pasa polo noso ollo e o norte, e outra recta que pasa polo noso ollo e o obxecto ou lugar que desexamos situar. A este ángulo chámalle *acimut* e está medido no plano do horizonte do observador (non nos dá a "altura" do obxecto sobre o horizonte).

Non obstante, antes da utilización do compás, podían tomar uns eixes fixos no plano do horizonte: a liña que contén a sombra máis curta dun pau vertical sempre é fixa independentemente do día en que a obteñamos. A esta liña chámalle "liña meridiana". O sentido da sombra indica o norte (xeográfico) e o sentido cara ao Sol, o sur. A liña perpendicular a esta sinala o leste (menor ángulo ca o norte) e o oeste.

A.10 *Utiliza o compás e indica as direccións de acimut 0° , 90° , 180° , 270° , 360° . As devanditas direccións chámanse "puntos" cardinais. Indica o acimut que corresponde ao NE, NW, SE, SW.*

Cando os científicos se dispoñen a realizar medicións dentro dunha investigación, xa teñen ideas previas sobre o que cabe esperar que saia. Isto permítelles tomar conciencia de anomalías ou feitos rechamantes que non suceden tal como esperaban e obrígaos a reflexionar sobre o que pensaban e, en ocasións, a modificalo.

A.11 Antes de realizar as medicións co compás do albor e do ocaso convén que representemos o que cremos que imos atopar: debuxa no horizonte da figura por onde cres que sae e se pon o Sol no día de hoxe e por onde o fará dentro dun mes.



A.12 Debuxa o horizonte natural en vista panorámica (360°) dende un lugar en que se poida observar a saída e a posta do sol, e utiliza o compás para medir o acimut de ambas as dúas posicións.

A.13 A seguinte táboa recolle medicións do acimut de saída e de posta do Sol nalgúns días. Representaos nunha vista panorámica (como a da A.11) e completa a táboa (prevendo o que pasará).

DÍA	23/9 Eq. Outono	22/10	21/11	21/12 Sols. Inv.	21/3 Eq. Prim.	21/6 Sols. Ver.
Acimut saída	90°	104°	114°	120°		
Acimut posta	270°	256°	246°	240°		

A.14 Representa graficamente como cambian o acimut de saída e de posta do Sol ao longo do ano. Sinala, despois, as diferenzas co que crías anteriormente.

Neste fragmento pódese advertir como os alumnos se ven, dun modo xustificativo, enfrontados á necesidade de planificar un proceso coidadoso de medición, como se buscan e se introducen conceptos como acimut ou liña meridiana porque é necesario para avanzar no problema formulado. Tamén pode observarse como os alumnos deben realizar predicións baseadas nas súas intuicións (A.11) ou no seu coñecemento, desenvolvido anteriormente no tema, de que existen ciclos na duración dos días (en A.13). A A.14 xera unha ocasión para que os alumnos revisen e avalíen as ideas intuitivas e as confronten cos resultados da súa propia investigación (que non estaba dirixida a xerar conflito coas devanditas ideas, senón a resolver un problema de interese).

Como se reflicte na figura 2, unha vez completado o desenvolvemento da estratexia é necesario recapitular, elaborar unha síntese do feito. Neste momento fórmulaselles aos alumnos actividades (algunhas delas para realizar na casa) para orientar esta fase da investigación:

A.22 *Elabore unha táboa onde se recollan os ciclos nos tres aspectos do movemento do Sol que estudamos e as súas relacións.*

A.23 *Indica como poderías asegurarte de en que época do ano te atopas (cunha marxe de erro de 10 días) mediante medicións do movemento do Sol.*

A.24 *Elabora unha recapitulación con situacións problemáticas en que se recolla: Cal é o problema que tratamos e cal era o seu interese? Que plan seguimos para a súa solución? A que conclusións chegamos? Que imos facer a continuación?*

A.26 *Elabora unha lista de ideas sobre os aspectos tratados que cambiaron como froito do traballo realizado, indicando tamén as ideas que actualmente tes.*

A.28 *Elabora un mapa conceptual sobre o tratado ata aquí que empece por: "os cambios no movemento do Sol".*

A invención de modelos, a elaboración de hipóteses, é unha actividade básica na ciencia. Os estudantes, como se mostra a continuación, teñen ocasión de enfrontarse a este proceso dun modo sistemático, tratar o segundo dos problemas formulados (ver figura 2):

II. COMO SE MOVEN O SOL E A TERRA PARA QUE ACONTEZAN OS CICLOS QUE OBSERVAMOS? (A invención dun modelo Sol/ Terra)

(...) Houbo unha época en que se cambiou das interpretacións mitolóxicas do movemento dos astros, incluíndo o Sol, a Lúa, as estrelas e os planetas, á elaboración de hipótese, de modelos, sobre os seus movementos. É dicir, tratouse de inventar posibles movementos que (aínda que non fosen observables directamente) puidesen explicar as regularidades observadas.

E iso é o que imos facer agora: inventar un modelo sobre como se moven o Sol e a Terra. Por suposto, o noso modelo estará suxeito á contrastación: será mellor na medida en que poidamos deducir a partir del as observacións que fixemos localmente, e na medida en que permita realizar predicións sobre o que debe acontecer en situacións distintas, novas, que poidamos comprobar.

Non obstante, non partiremos de cero. Daremos por sentado -aínda que historicamente non foi algo doado- que a Terra é esférica aínda que a súa superficie é tan grande que no noso campo de visión local parece plana. Suporemos tamén que temos acceso a todas as medicións que se poden realizar dende calquera lugar da Terra sobre o movemento do Sol (existen táboas moi antigas -e programas informáticos- onde podemos atopar os datos anuais en distintas cidades).

Unha posible estratexia para avanzar na invención deste modelo, podería ser, pois, a seguinte:

1. Imaxinaremos que podemos ver a Terra e o Sol dende moi lonxe (o que facilita ampliar as posibilidades de movemento do sistema Sol/Terra)
2. "Colocaremos" (imaxinariamente, con regra e compás e cun alfinete nunha esfera de polipropileno) unha persoa na Terra esférica cos elementos necesarios para realizar as medicións do movemento do Sol (plano do horizonte, pau vertical, eixe norte/sur), e situaremos o sistema Sol/ Terra nunha posición en que o devandito observador obtería os valores que sabemos que se obteñen no lugar elixido (Alicante ou un punto no ecuador etc.), na hora e no día en que todo acontece máis doadamente: o mediodía dun dos equinoccios. Se conseguimos iso, ese punto da Terra esférica corresponderá a Alicante (ou ao lugar elixido). Teremos, pois, unha correspondencia inicial entre o noso modelo e un observador real local.
3. A partir de aí, fará "funcionar" o modelo, é dicir, imaxinaremos como se deberían mover o Sol e a Terra, para que acontecese o que sabemos que acontece en día de equinoccio (cando a duración do día é igual en todos lugares de planeta).
4. Poremos a proba o funcionamento do modelo, vendo se pode explicar o que sabemos que acontece nos solsticios. E se conseguimos isto...
5. Realizaremos predicións co modelo do que acontecerá en distintos puntos do planeta nos días singulares (equinoccios e solsticios), que comprobaremos cos valores medidos directamente nos devanditos puntos.

Este último proceso - que non é doado nin rápido - é unha ocasión privilexiada para que os alumnos poñan a proba os seus "modelos mentais" (Greca e Moreira, 2000) sobre o sistema Sol/ Terra esixíndoos que cumpran condicións estritas que permiten o afastamento de criterios espontáneos, parciais e implícitos, ata conseguir apropiarse dun modelo científico.

Rematamos aquí esta breve -pero esperemos que suficiente- descrición dalgúns fragmentos da situación problemática de actividades en que se concreta o plan de investigación.

Esta forma de traballo na aula xera un ambiente de aprendizaxe en que todos (profesor e alumnos) están comprometidos no mesmo obxectivo: avanzar e resolver os problemas formulados. Iso non é posible, non obstante, sen unha profunda modificación da avaliación, que ha de ser coherente coas innovacións introducidas no proceso de ensino/aprendizaxe (Linn, 1987).

3. 4. A avaliación nun ensino por investigación

É ben coñecida a influencia da avaliación no comportamento de alumnos e profesores e, tamén, na probabilidade de éxito das innovacións curriculares (Novak, 1991; Linn, 1987; Zoller, 1999). Se o sistema de avaliación se limita á

cualificación final do rendemento dos alumnos nunha proba, esta adquire unha grande transcendencia externa, que se converte no patrón que orienta o estudo e a aprendizaxe dos alumnos. Esta transcendencia da avaliación afecta o desenvolvemento do ensino, pois o profesor vai estar influído polas demandas sociais e dos propios alumnos que, lóxicamente, desexan que a súa actuación se axuste "o máximo posible" ao que se vai esixir nos exames. Os profesores e as institucións reaccionan propoñendo probas "o máis obxectivas e asépticas posibles", e evita toda actividade que poida xerar situacións ambiguas, pensamento diverxente etc. e fomenta, así, o desenvolvemento de destrezas intelectuais de baixo nivel como recordar, coñecer, aplicar algoritmos etc. (Alonso, Gil e Martínez Torregrosa, 1996; Tamir, 1998). O resultado adoita ser a creación dunha circularidade en que se ensina e estuda para os exames, de xeito que a avaliación se converte na dona do ensino e da aprendizaxe, en vez de ser un instrumento que impulse a aprender e a ensinar mellor, que axusta o currículo ao que pode ser traballado con interese e con proveito.

En cambio, que sentido ten a avaliación nunha aprendizaxe por investigación? O seu obxectivo é avanzar na resolución de problemas e a avaliación constitúe un instrumento esencial de orientación e de impulso para reflexionar e recapitular sobre os problemas propostos, a estratexia planificada, o avance conseguido no seu desenvolvemento e a súa firmeza (analiza en que medida é consistente o que se aprendeu, identifica e reafirma "puntos débiles", pon atención nos obstáculos coa intención de superalos, proba a capacidade predictiva dos conceptos etc.). E debe ser, ao mesmo tempo, un instrumento para asegurar que se están a crear na aula oportunidades axeitadas para aprender coñecementos científicos (Martínez Torregrosa, Gil e Verdú, 1999).

Se a avaliación inflúe tanto no comportamento de profesores e alumnos, debemos utilizar esta influencia para que os resultados sexan os mellores e polo tanto analizar todos os aspectos do proceso de avaliación, en que poidamos influír e modificalos no sentido axeitado. Iso supón poñer atención, entre outros aspectos, ao tipo de actividades que son obxecto de avaliación e ao tipo de aprendizaxe que fomentan (que favorece as destrezas de alto nivel intelectual); á súa influencia sobre as actitudes e a autorregulación da aprendizaxe dos alumnos (Jorba e Sanmartí, 1995); á forma de valoración, para que sexa indicadora do que se avanzou e do que falta por facer e, sobre

todo, para que oriente cara ao logro dun produto satisfactorio. Neste sentido, a confección dun caderno de clase con recapitulacións de situacións problemáticas, a realización de traballos individuais ou colectivos que son utilizados como referencia para o avance, as pequenas probas sobre "aspectos difíciles" nalgunhas das clases, a elaboración de memorias "reais" sobre traballos prácticos etc. e a utilización de revisións globais ("exames") coherentes coa proposta de ensino por investigación, son algunhas das actividades que adoitamos utilizar nas nosas clases para a avaliación, sen esquecer que cada actividade realizada na aula polos alumnos constitúe unha ocasión para a avaliación e de que, en definitiva, se trata de lograr unha plena confluencia entre as situacións de aprendizaxe e de avaliación (Pozo, 1992).

3.5. En que medida esta estrutura favorece a aprendizaxe significativa? En que medida favorece a estudantes autónomos e/ou estratéxicos?

Ao longo de varios anos, o noso grupo de investigación elaborou materiais para un ensino baseado na resolución de problemas. Durante ese tempo, coa intención de probar a devandita forma de en que medida estruturar e desenvolver os temas e cursos favorece a aprendizaxe dos coñecementos científicos (no máis amplo sentido), obtivemos datos de alumnos de niveis, materias e profesores distintos. Os datos conseguidos permítennos afirmar que os alumnos universitarios que participan en materias estruturadas como problemas:

1. Perciben que a estrutura dos temas e cursos os axuda a aprender.
2. Aprópianse das preguntas e problemas formulados, e poden valorar o seu avance con relación a estes, é dicir, séntense orientados.
3. Valoran moi positivamente o ensino recibido con situacións problemáticas.

Unha cuestión particularmente importante é ver en que medida esta orientación favorece a "maior autonomía de aprendizaxe dos estudantes", que aparecía como obxectivo básico do encontro orixe deste libro. Dende o noso punto de vista, o desempeño dun estudante universitario "autónomo e estratéxico" debería poñerse en evidencia por algunhas ou por todas as seguintes características:

- Estar "orientado" no campo de estudo, é dicir, debe saber que se busca, por que e para que.
- Capacidade de regulación, de decidir o que sabe e o que non sabe, de tomar conciencia das súas propias deficiencias e avances. Debe ser consciente de en que medida avanzou naquilo que se buscaba.
- Ser capaz de xustificar o que pensa. Para este estudante, aprender debe ser sinónimo de comprender, de poder xustificar os coñecementos. No caso contrario, como vai ser autónomo? Como vai decidir que marcha na boa dirección ou que chegou a un produto satisfactorio?
- Saber como afrontar (metodolóxica e actitudinalmente) situacións problemáticas abertas.

Entre os múltiples factores que poden influír na adquisición desta estrutura intelectual ata convertela nunha forma habitual de pensar e estudar, nós centrámonos no que podemos controlar: o ensino. Dende o noso punto de vista, un ensino/ aprendizaxe que se organice arredor da formulación e a solución de problemas, nun contexto hipotético/ dedutivo, que favoreza un proceso de (re)construcción de coñecementos que se "inspire" no da investigación (poñendo en xogo características esenciais do traballo científico), favorece unha aprendizaxe "profunda" e subministra numerosas oportunidades para formar alumnos "estratéxicos".

Esta orientación da aprendizaxe ten esixencias formativas que trataremos, para rematar, no seguinte apartado, centrándonos no caso dos profesores universitarios das áreas científicas.

3.6. Que deben saber e saber facer os profesores universitarios de ciencias?

Existe un acordo xeral en que o coñecemento profundo da materia que se ha de impartir constitúe un requisito imprescindible para un ensino de calidade. A investigación mostrou, en efecto, que a falta do devandito coñecemento dificulta moi seriamente que os profesores afectados poidan valorar correctamente os resultados do ensino ou participar na elaboración de propostas innovadoras (Tobin e Espinet, 1989). Pero é preciso ser conscientes de que un bo coñecemento da materia vai máis alá do que adoita impartirse

nas facultades de ciencias e non se reduce a coñecer os feitos, as leis e as teorías que conforman o corpo de coñecementos científicos. Unha educación científica como a practicada ata aquí, tanto en secundaria como na mesma universidade, centrada case exclusivamente en aspectos conceptuais, transmite unha visión deformada e empobrecida da actividade científica, que non só contribúe a unha imaxe pública da ciencia como algo alleo e inaccesible -cando non directamente rexeitable-, senón que está a facer diminuír drasticamente o interese dos mozos e das mozas por dedicarse a esta (Matthews, 1994; Solbes e Vilches, 1997). A gravidade e a extensión destas deformacións foi posta de relevo por numerosas investigacións (Fernández *et alii*, 2002) Cómpre resaltar, ademais, que este ensino centrado na recepción de contidos conceptuais xa elaborados, dificulta, paradoxalmente, a aprendizaxe conceptual. En efecto, a investigación en didáctica das ciencias, tanto no campo das preconcepcións coma no dos traballos prácticos, a resolución de problemas etc., mostrou que os estudantes desenvolven mellor a súa comprensión conceptual e aprenden máis acerca da natureza da ciencia cando participan en investigacións científicas, con tal que haxa suficientes oportunidades e apoio para a reflexión (Hodson, 1992). Dito con outras palabras, esta investigación puxo de relevo que a comprensión significativa dos conceptos esixe superar o reduccionismo conceptual e formular o ensino das ciencias como unha actividade próxima á investigación científica, que integre os aspectos conceptuais, procedimentais e axiolóxicos (Duschl e Gitomer, 1991). Polo tanto, un bo coñecemento da materia para un docente, tanto de secundaria como de universidade, supón tamén, entre outros aspectos a miúdo esquecidos (Gil *et alii*, 1991; Gil e Pessoa de Carvalho, 2000):

- Coñecer os problemas que orixinaron a construción dos coñecementos e como chegaron a articularse en corpos coherentes, evitando así visións estáticas e dogmáticas que deforman a natureza do coñecemento científico. Trátase, en definitiva, de coñecer a historia das ciencias, non só como un aspecto básico da cultura científica xeral que un profesor precisa senón, primordialmente, como unha forma de asociar os coñecementos científicos cos problemas que orixinaron a súa construción (Matthews, 1994), sen o cal estes coñecementos aparecen como construcións arbitrarias (Otero, 1985). Pódese, ademais, coñecer cales foron as dificultades, os obstáculos epistemolóxicos (Bachelard, 1938) que houbo que superar, o que constitúe unha axuda

imprescindible para comprender as dificultades dos alumnos (Saltiel e Viennot, 1985) e tamén como evolucionaron os coñecementos e como chegaron a articularse en corpos coherentes, evitando así visións estáticas e dogmáticas que deforman a natureza do traballo científico (Fernández *et alii*, 2002).

- Coñecer e utilizar na docencia impartida as estratexias empregadas na construción dos coñecementos, o que contribue a familiarizar os estudantes coa forma en que os científicos se formulan e tratan os problemas, as características máis notables da súa actividade, os criterios de validación e aceptación das teorías científicas... Facendo posible a súa participación na reconstrución dos coñecementos a partir de problemas de interese, como forma máis efectiva de aprendizaxe (Gil Pérez *et alii*, 2002) e máis axeitada, moi particularmente, para o ámbito universitario (Martínez Torregrosa, Gil Pérez e Bernat, 2003).
- Coñecer, en particular, as interaccións ciencia, tecnoloxía, sociedade e ambiente (CTSA) asociadas á construción de coñecementos (Membiela, 2001), sen ignorar o carácter a miúdo conflictivo do papel social das ciencias e a necesidade da toma de decisións (Aikenhead, 1985). Iso resulta esencial para dar unha imaxe correcta da ciencia. En efecto, o traballo dos homes e das mulleres de ciencia -como calquera outra actividade humana- non ten lugar á marxe da sociedade en que viven e vese afectado, loxicamente, polos problemas e circunstancias do momento histórico, do mesmo modo que a súa acción ten unha clara influencia sobre o medio físico e social en que se insire. Sinalar isto pode parecer superfluo; non obstante, a idea de que facer ciencia é pouco menos que pecharse nunha torre de marfil - "no mundo dos libros" etc- que desconecta da realidade e que constitúe unha imaxe tópica moi estendida e á que o ensino lamentablemente contribúe -particularmente no nivel universitario- coa súa redución á transmisión de contidos conceptuais e, como máximo, adestramento nalgunha destreza, pero que deixa de lado os aspectos históricos, sociais etc. que enmarcan o desenvolvemento científico (Solbes e Vilches, 1997). Esta atención ás relacións CTSA é hoxe máis necesaria que nunca para contribuír a formar cidadáns e científicos conscientes da situación de emerxencia planetaria e preparados para a toma de decisións fundamentadas para facerlle fronte (Vilches e Gil, 2003). Esa é a razón pola que Nacións Unidas

instituíu unha Década da educación por un futuro sostible (2005-2014), que constitúe un chamamento aos educadores de todos os ámbitos e áreas para que contribuíamos ao logro dun futuro sostible (ver www.oei.es/decada).

- Coñecer os desenvolvementos científicos recentes e as súas perspectivas, para poder transmitir unha visión dinámica, non pechada, da ciencia. No mesmo sentido, é preciso adquirir coñecementos doutras materias relacionadas, para poder abordar os "problemas-fronteira", as interaccións entre os distintos campos e os procesos de unificación, que constitúen momentos cumio do desenvolvemento científico. Pódese evitar así, a imaxe a miúdo proporcionada e xustamente criticada das distintas materias como compartimentos estancos.

Como sinala Linn (1987), este coñecemento profundo da materia, superador dos habituais reduccionismos, é central para un ensino eficaz e de ningún xeito pode considerarse que forme parte da preparación estándar dos profesores, incluído os universitarios. Trátase dunha dimensión da formación que reclama, pois, un especial esforzo, pero que pode proporcionar tamén notables satisfaccións aos profesores (que ven enriquecer a súa actividade como docentes con novas perspectivas) e, por suposto, aos seus estudantes, que adquiren así unha visión da ciencia como actividade aberta e creativa que resulta, ademais, máis axustada á realidade.

Por outra banda, as necesidades formativas dos profesores de materias científicas non se limitan, habemos de insistir, a este coñecemento en profundidade da disciplina, senón que inclúen moitos outros coñecementos específicos da docencia e, en primeiro lugar, como xa expuxemos no capítulo anterior, é preciso resaltar o papel esencial que xogan (ou, mellor dito, haberían de xogar) na devandita formación o coñecemento e análise crítica do pensamento docente espontáneo (Cronin-Jones, 1991; Briscoe, 1991; Porlán, 1993; Bell, 1998). Iso permite romper con concepcións simplistas da docencia e comprender a necesidade de familiarizarse co corpo de coñecementos que a investigación foi construíndo arredor dos problemas que formula o proceso de ensino/aprendizaxe das ciencias (Gabel, 1994; Fraser e Tobin, 1998; Perales e Cañal, 2000). Un corpo de coñecementos que empeza a incorporar achegas específicas para o ámbito universitario como as que supoñen o deseño de

programas axeitados de actividades para que o ensino/aprendizaxe deixe de ser un proceso de mera transmisión/recepción.

Remataremos recordando que a educación, e en particular a educación superior, atópase inmersa nun proceso que, como se sinala no *Informe á UNESCO da Comisión Internacional sobre a Educación para o Século XXI* (Delors, 1996), ha de estender a formación ao conxunto da cidadanía ao longo de toda a vida, para facer posible unha sociedade sostible. Para iso resulta imprescindible unha profunda transformación dos contidos e estratexias da educación, na que habemos de participar todos os educadores, de todos os ámbitos educativos, xunto ao resto da sociedade. E é nese marco autenticamente revolucionario de *Educación para a Sostenibilidade* no que debemos contemplar as necesarias transformacións da docencia universitaria, respondendo así aos chamamentos de Nacións Unidas para contribuír a que a cidadanía adquira unha axeitada visión dos graves problemas a que se enfrenta hoxe a humanidade e as necesarias medidas que se require adoptar (Vilches e Gil, 2003).

Referencias bibliográficas

- Aikenhead, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69 (4), 453-475.
- Alonso, M., Gil, D. e Martínez Torregrosa, J. (1992). Concepciones espontáneas de los profesores de ciencias sobre la evaluación. Obstáculos a superar y propuestas de replanteamiento. *Revista de Enseñanza de la Física*, 5 (2), 18-38.
- Alonso, M., Gil, D. e Martínez Torregrosa, J. (1996). Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 30, 15-26.
- Anderson, R. D. e Mitchener, C. P. (1994). Research on science teacher education. En D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching Education*. New York: Macmillan Pub. Co.
- Bachelard, G. (1938). *La Formation de L'esprit scientifique*. París: Vrin.
- Bell, B. (1998). Teacher development in science education. En B. J. Fraser e K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht : Kluber.
- Bencze, L. e Hodson, D. (1999). Changing Practice by Changing Practice: Toward More Authentic Science and Science Curriculum Development. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (5), 521-539
- Black, P. (2000). Physics Education in the New Millenium. En P. Black, G. Drake e L. Jossem (Eds.), *Physics 2000: as it Enters a New Millenium* (pp. 80-85). París: IUPAP.
- Briscoe, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teacher change. *Science Education*, 75 (2), 185-199.
- Burbules, N. e Linn, M. (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction. *International Journal of Science Education*, 13 (3), 227-241.

- Calatayud, M. L., Gil, D. e Gimeno, J. V. (1992). Cuestionando el pensamiento espontáneo del profesorado universitario: ¿las deficiencias de la enseñanza secundaria como origen de las dificultades de los estudiantes? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado* 14, 71-81.
- Carretero, M. (1987). *Prólogo del libro de Pozo I., El aprendizaje de las ciencias y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- Cronin-Jones, L. L. (1991). Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two case studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (3), 235-250.
- Delors, J. (Coord.) (1996). *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI*. Madrid: Santillana. Ediciones UNESCO.
- Díaz, J. e Jiménez, M. P. (1999). Aprender ciencias, hacer ciencias: resolver problemas en clase. *Alambique*, 20, 9-16.
- Driver, R. e Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Driver, R., Newton, P. e Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *International Journal of Science Education*, 84 (3), 287-312.
- Duschl, R. (1990). *Restructuring science education: The role of theories and their importance*. New York: Teacher College Press, Columbia University.
- Duschl, R. (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.
- Duschl, R. e Gitomer, D. (1991). Epistemological Perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 839- 858.
- Fernández, I., Gil-Pérez, D., Carrascosa, J., Cachapuz, J. e Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 477-488.
- Fraser, B. e Tobin, K. G. (Eds.) (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.

- Furió, C. e Guisasola, J. (1998). Construcción del concepto de potencial eléctrico mediante el aprendizaje por investigación. *Revista de Enseñanza de la Física*, 11 (1), 25-37
- Gabel, D. L. (Ed.) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub. Co.
- Gil Pérez, D. e Vilches, A. (2008). Que deben saber e saber facer os profesores universitarios? En Varios autores, *Novos enfoques no ensino universitario* (pp. 25-43). Universidade de Vigo.
- Gil, D. e Martínez Torregrosa, J. (1987). Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12
- Gil, D. e Pessoa de Carvalho, A. M. (2000). Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias. *Educación Química*, 11 (2), 250-257.
- Gil, D. e Vilches, A. (2002). La "Ley de Calidad", el Informe de la OCDE y la mejora de la enseñanza de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 46, 107-110.
- Gil, D., Beléndez, A., Martín, A. e Martínez-Torregrosa, J. (1991). La formación del profesorado universitario de materias científicas: contra algunas ideas y comportamientos de 'sentido común'. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 12, 43-48.
- Gil, D., Carrascosa, J. e Martínez-Terrades, F. (2000). La Didáctica de las Ciencias: una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En J. Perales e P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las Ciencias: Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias* (pp. 11-34). Alcoy: Marfil.
- Gil, D., Carrascosa, J., Dumas-Carré, A., Furió, C., Gallego, R., Gené, A., González, E., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Pessoa, A. M., Salinas, J., Tricárico, H. e Valdés, P. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 503-512.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. e Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Horsori: Barcelona.
- Gil, D., Furió, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-Torregrosa, J., Guisasola, J., González, E., Dumas-Carré, A., Goffard, M. e Pessoa A. M. (1999). ¿Tiene

- sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 311-320.
- Gil-Pérez, D. e Vilches, A. (2004). La formación del profesorado de ciencias de secundaria... y de universidad. La necesaria superación de algunos mitos bloqueadores. *Educación Química*, 15 (1), 43-58.
- Gil-Pérez, D., Guisasola, J., Moreno, A., Cachapuz, A., Pessoa, A., Martínez, J., Salinas, J., Valdés, P., González, E., Gené, A., Dumas, A., Tricárico, H. e Gallego, R. (2002), Defending constructivism in science education. *Science & Education*, 11, 557-571.
- Greca, I. M^a e Moreira, M. A. (2000). Mental Models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22 (1), 1-11.
- Guisasola, J., Almudí, J. M. e Zubimendi, J. L. (2003). Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría de campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 79-94.
- Hewson, P. W. e Hewson, M. G. (1987). Science teachers' conceptions of teaching: implications for teachers education *International Journal of Science Education*, 9 (4), 425-440.
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14 (5), 541-566.
- Hoyat F. (1962). Les examens. Institut de L'UNESCO pour l'Education. Bourrelier: París.
- Jorba, J. e Sanmartí, N. (1995). Autorregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos. *Alambique*, 4, 59-77
- Linn, M. C. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (3), 191-216.
- Martínez Torregrosa, J., Gil Pérez, D. e Bernat Martínez, S. (2003). La Universidad como nivel privilegiado para un aprendizaje como investigación orientada. En C. Monero e J. I. Pozo, *La Universidad ante la nueva cultura educativa*. Barcelona: Editorial Síntesis

- Martínez Torregrosa, J., Gil, D. e Verdú, R. (1999). La evaluación en una enseñanza de la Física como construcción de conocimientos. *Educación Abierta*, 140 (*Aspectos didácticos de Física y Química (Física)*, 8). Zaragoza: ICE Universidad de Zaragoza.
- Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 255-277.
- McDermott, L. C. (1990). A perspective on teacher preparation in physics - other sciences: the need for special science courses for teachers. *American Journal of Physics*, 58 (8), 734-742.
- McDermott, L. C. (1996). *Physics by inquiry*. New York: J. Willey.
- Membiela, P. (Ed.) (2001). *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad*. Madrid: Narcea.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington D.C.: National Academy Press.
- Novak, J. D. (1991). Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), 215-228.
- Osborne, R. e Wittrok, M. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, 12, 59-87.
- Otero, J. (1985). Assimilation problems in traditional representation of scientific knowledge. *European Journal of Science Education*, 7 (4), 361-369.
- Perales, J. e Cañal, P. (2000). *Didáctica de las Ciencias: Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias*. Alcoy: Marfil.
- Pessoa de Carvalho, A. e Gil, D. (2006). *Formação de Professores de Ciências. Tendências e inovações*. São Paulo: Cortez Editora: 8ª Edició.
- Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- Porlán, R. (1993). *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de enseñanza - aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: DIADA.
- Pozo, J. I. (1992). El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos. En C. Coll, J. I. Pozo et alii (Eds.), *Los contenidos en la Reforma. (Enseñanza de conceptos, procedimientos y actitudes)*. Madrid: Santillana.

- Pozo, J. I. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de las ciencias como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 513-520.
- Rivas, M. (1986). Factores de eficacia escolar: una línea de investigación didáctica. *Bordón*, 264, 693-708.
- Rosenthal, R. e Jacobson, L. (1968). *Pigmalion in the classroom*. New Jersey: Rineheart and Winston.
- Saltiel, E. e Viennot, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 137-144.
- Simpson, R. D. et alii (1994). Research on the affective dimension of science learning. En D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub Co.
- Solbes, J. e Vilches, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81 (4), 377-386.
- Tamir, P. (1998). Assessment and evaluation in science education: opportunities to learn and outcomes. En B. J. Fraser e K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.
- Tobin, K. e Espinet, M. (1989). Impediments to change: applications of coaching in high school science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (2), 105-120.
- Viennot, L. (1989). L'enseignement des sciences physiques objet de recherche. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716, 899-910.
- Viennot, L. (1997). Former en didactique, former sur le contenu? *Didaskalia*, 10, 75-96.
- Vilches, A. e Gil, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.
- Zoller, U. (1999). Scaling-Up of Higher-Order Cognitive Skills-Oriented College Chemistry Teaching: An Action-Oriented Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (5), 583-596.

