

A renovación do ensino universitario: Necesidade, obstáculos e oportunidades

Daniel Gil Pérez⁽¹⁾, Joaquín Martínez Torregrosa⁽²⁾ y Amparo Vilches⁽¹⁾

(1) Universitat de València

(2) Universitat d'Alacant

Dirección de contacto: daniel.gil@uv.es. Web: www.uv.es/gil

Publicado en portugués por Universidade de Vigo (2008). ISBN: 978-84-8158-381-6

GIL PÉREZ, D., MARTÍNEZ TORREGROSA, J. y VILCHES, A. (2008). *A renovación do ensino universitario: necesidade, obstáculos e oportunidades*. Vigo: Universidade de Vigo. ISBN: 978-84-8158-381-6

PRESENTACIÓN

La mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje en la universidad aparece como un objetivo central en el nuevo marco del Espacio Europeo de Educación Superior, que propone “una nueva concepción de la formación académica, centrada en el aprendizaje del alumno, y una revalorización de la función docente del profesor universitario que incentive su motivación y que reconozca los esfuerzos encaminados a mejorar la calidad y la innovación educativa”, (ver http://www.mec.es/universidades/eees/files/Documento_Marco.pdf).

Los materiales que incluimos en este volumen pretenden contribuir a la reflexión en torno a esta necesidad de una profunda renovación de la enseñanza universitaria. Dedicaremos el **primer capítulo** a una breve exposición, en forma de siete proposiciones, de la problemática que plantea la renovación de la enseñanza universitaria. Una renovación que se justifica por las mismas razones que han exigido la innovación e investigación educativas en torno a la enseñanza primaria y, más tarde, a la secundaria: el fuerte incremento de la población escolar - ahora también, afortunadamente, la universitaria- que convierte en problemas sociales el fracaso de muchos estudiantes, su actitud de rechazo, o la deficiente preparación de quienes terminan sus estudios. La Universidad no puede permanecer indiferente, a la larga, ante estos problemas, que afectan gravemente a las posibilidades de desarrollo social. Y ello demanda la implicación del profesorado universitario en actividades de innovación e investigación educativas.

Esta implicación del profesorado universitario se enfrenta a dificultades que deben tenerse muy en cuenta. De hecho, la docencia suele ser considerada, por muchos universitarios, una consecuencia de la incorporación a las tareas de investigación y es vivida, en bastantes ocasiones, como una “carga” que quita tiempo a esas tareas investigadoras prioritarias. También contribuye a esa escasa atención prestada a la docencia la diferente valoración social de ambas

actividades: enseñar es visto como algo estándar, repetitivo, “que puede hacer cualquiera”, mientras que la investigación es una tarea compleja, abierta y creativa, “reservada a los mejores”.

Esa idea de que “enseñar lo que se sabe es fácil...”, cuestión de personalidad, de sentido común y alguna experiencia, es asumida como algo “evidente”, no solo por los docentes sino en realidad por toda la sociedad, y constituye un grave impedimento para una actividad docente innovadora, puesto que la enseñanza no se aborda como problema. Un primer paso para hacer posible la mejora de la enseñanza universitaria ha de ser sacar a la luz y someter a análisis crítico algunas “evidencias de sentido común”, como la anterior, que pueden estar bloqueando los cambios necesarios. Dedicaremos a ello el *segundo capítulo*.

Pero no todo son dificultades: la práctica de la investigación del profesorado universitario *puede* ser muy útil para abordar con rigor los problemas de enseñanza/aprendizaje. De hecho, buena parte de la investigación en didáctica de las ciencias ha sido realizada por profesores universitarios “reconvertidos” que, por unas u otras razones, han podido romper con los mitos que bloquean habitualmente la aproximación a los problemas de enseñanza/aprendizaje. Dedicaremos el *tercer capítulo* a exponer las oportunidades que ofrece la Universidad para una profunda reorientación de la enseñanza.

De acuerdo con lo expuesto, el contenido de este documento se desarrollará según el siguiente Índice:

1. La renovación de la enseñanza universitaria a examen: siete proposiciones para el debate
2. La renovación enseñanza secundaria-universidad: mitos y realidades
3. La universidad como nivel privilegiado para un aprendizaje como investigación orientada

Debemos advertir, para terminar, que los análisis y propuestas que incorporamos en este documento sólo pretenden ser una contribución parcial –realizada desde el área de la educación científica- a esta tarea fundamental de la renovación de la enseñanza universitaria. Una tarea por la que felicitamos a la Universidad de Vigo, agradeciendo la ocasión que se nos brinda de participar en la misma.

1. LA RENOVACIÓN DE LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA A EXAMEN

Presentamos a continuación unas breves reflexiones, en forma de siete proposiciones, fruto de nuestros estudios y experiencias como profesores universitarios e investigadores en el campo de la educación científica.

El contenido de estas proposiciones sintetiza nuestros análisis y propuestas para la renovación de la docencia universitaria y permite, por tanto, una primera aproximación a dichos planteamientos, que serán desarrollados en los dos capítulos siguientes.

Proposición N°1. Unas expectativas optimistas

Queremos comenzar expresando nuestro convencimiento de que la implicación del profesorado universitario en actividades de innovación e investigación educativas puede darse por segura a medio plazo. ¿Razones? Las mismas que provocaron el *inicio* (todavía muy insuficientemente desarrollado) de la innovación e investigación educativas en torno a la enseñanza primaria y, más tarde, a la secundaria: fuerte incremento de la población estudiantil - ahora también la universitaria- que convierte en problemas sociales el fracaso escolar de muchos estudiantes, su actitud de rechazo, o la deficiente preparación de quienes terminan sus estudios.

La sociedad y la propia universidad no pueden permanecer indiferentes, a la larga, antes estos problemas -que afectan gravemente a sus posibilidades de desarrollo- ni contentarse con pseudoexplicaciones autoexculpatorias que nada modifican. Ello impulsará -está ya comenzando a impulsar- esfuerzos de mejora, trabajos de innovación e investigación. Esta preocupación creciente ha convertido, por ejemplo, en opinión de la Agencia Norteamericana para el desarrollo de la Ciencia la investigación sobre la educación científica y tecnológica, en todos sus niveles, en una de las áreas *estratégicas* de la investigación científica (Gil, Carrascosa y Martínez Terrades, 2000).

La necesidad de mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje se ve reforzada por el nuevo marco del Espacio Europeo de Educación Superior que propone “*una nueva concepción de la formación académica, centrada en el aprendizaje del alumno, y una revalorización de la función docente del profesor universitario que incentive su motivación y que reconozca los esfuerzos encaminados a mejorar la calidad y la innovación educativa*”, (ver http://www.mec.es/universidades/eees/files/Documento_Marco.pdf).

Estas optimistas perspectivas, sin embargo, deben ser *muy* matizadas por toda una serie de razones que iremos exponiendo y comentando en las siguientes proposiciones.

Proposición N°2. La ayuda externa no basta (aunque sea muy conveniente)

Podría pensarse que la existencia de indudables problemas de enseñanza/aprendizaje en la universidad no justifican que el profesorado universitario descuide su campo propio de investigación para implicarse en trabajos de innovación e investigación educativas: para eso la universidad ya tiene sus especialistas (pedagogos, didactas, psicólogos de la educación...). Bastaría con que dichos especialistas ayudaran a los profesores universitarios, proporcionándoles el necesario complemento pedagógico a su preparación científica.

De hecho, algunas universidades han comenzado ya a conceder importancia a los problemas de la docencia, organizando actividades dirigidas a una mejor preparación de sus profesores. Estas actividades consisten, a menudo, en talleres de formación pedagógica a cargo de especialistas en ciencias de la educación.

Se trata del mismo planteamiento que ha orientado –y en algunos lugares sigue orientando- la formación del profesorado de secundaria. McDermott (1990) ha analizado los pobres resultados que esta orientación ha producido en el caso del profesorado de secundaria: "La total separación entre la instrucción educativa y la instrucción en contenidos -señala- disminuye la validez de ambas para los profesores. El uso efectivo de una determinada estrategia de enseñanza viene a menudo determinada por el contenido. Si los métodos de enseñanza no son estudiados en el contexto en el que han de ser implementados, los profesores pueden no saber identificar los aspectos esenciales ni adaptar las estrategias".

En el mismo sentido Viennot (1997) afirma: "la preparación científica no puede contraponerse a la preparación pedagógica, sino que es preciso superar dicha dicotomía y reconocer la necesaria imbricación entre la reflexión didáctica y la reflexión sobre el contenido disciplinar".

Desde el campo de la psicología de la educación se ha insistido en esta misma idea: "No se puede hablar del pensamiento de los sujetos al margen del contenido de los problemas" (Carretero, 1987).

Cabe suponer que estas consideraciones relativas a la formación del profesorado y a la educación en el nivel secundario sigan siendo tanto o más válidas para el caso de la educación universitaria: pedir ayuda a especialistas de otro campo puede ser útil, sin duda, pero no basta para abordar los problemas, en buena medida *específicos*, del propio campo. No es posible, pues, obviar la necesidad de una innovación e investigación centrada en esos problemas específicos.

Es preciso insistir, por ello, en que no tiene sentido pensar en un mismo enfoque de las actividades de iniciación a la innovación, válido para cualquier materia universitaria. Aunque

algunos problemas sean comunes, la enseñanza/aprendizaje de, p. e., la música, una lengua o la física, tienen sus propias especificidades, que han de ser tenidas en cuenta, tanto para la formación del profesorado como para las propuestas de innovación.

Esto es algo que ya se comprendió, en general, en lo que se refiere a la enseñanza secundaria, de forma que, habitualmente, los talleres, cursos, etc., que se ofrecen, van dirigidas a profesores de áreas específicas. Sin embargo, es muy frecuente que las propuestas dirigidas al profesorado universitario tengan una orientación generalista, desvinculada de los contenidos.

Ello suele traducirse, a menudo, en ofertas sobre aspectos puntuales y meramente técnicos (tipo “cómo exponer con claridad” o “técnicas de evaluación”) que apenas abordan los auténticos problemas y que no permiten un replanteamiento en profundidad. Hablar de formación del profesorado y de investigación e innovación educativas en la universidad obliga a trabajos específicos en las distintas áreas.

Proposición N°3. *Los planteamientos científicos no se transfieren espontáneamente*

Una de las principales dificultades para la implicación del profesorado universitario en actividades de investigación e innovación educativas estriba en la existencia de un pensamiento docente espontáneo (Hewson y Hewson, 1987; Porlán, 1989; Gil et al., 1991...) que acepta acríticamente como obvias, “de sentido común”, concepciones similares a las encontradas en el profesorado de secundaria, sostenidas incluso con mayor contundencia (Gil, Beléndez et al., 1991; Calatayud, Gil y Gimeno, 1992; Gil Pérez y Vilches, 2004 y 2008) como la idea de que enseñar es algo esencialmente simple, etc.

Ello constituye un claro ejemplo de algo bien establecido: los comportamientos no se transfieren automáticamente de unos campos de actividad a otros. Se puede ser un consecuente luchador por la libertad de los pueblos contra la dominación colonial... y mantener una actitud sexista de discriminación de las mujeres. Y se puede ser un notable investigador en, pongamos, biología molecular, y al propio tiempo afirmar con contundencia cualquier trivialidad educativa que no resiste un mínimo análisis.

Creemos por ello (¡conjetura a verificar!) que una de las primeras tareas a realizar –si se quiere favorecer un clima de implicación de los profesores universitarios en la investigación e innovación educativas- sería mostrar hasta qué punto algunas de esas concepciones docentes espontáneas son endebles, provocando así el necesario “conflicto cognitivo”.

Se trata, sin embargo, de una tarea especialmente delicada que no puede plantearse como la simple transmisión de los resultados obtenidos por los expertos. Hablaremos de ello en la siguiente proposición.

Proposición N°4. No basta con transmitir propuestas bien fundamentadas

La investigación sobre las dificultades encontradas por los diseñadores de currículos para generalizar innovaciones bien fundamentadas, tanto para el caso de la educación primaria como para la secundaria, debe ser tenida en cuenta cuando se piensa en innovaciones para la enseñanza universitaria.

En efecto, dicha investigación ha mostrado la escasa efectividad de *transmitir* al profesorado las propuestas de los expertos para su aplicación. Como ha indicado Briscoe (1991), es necesario que los profesores *participemos, en alguna medida, en la construcción* de los nuevos conocimientos didácticos, abordando los problemas que la enseñanza nos plantea. Sin esa participación, no sólo resulta difícil que los profesores y profesoras hagan suyos y lleven eficazmente adelante los cambios curriculares y toda la innovación fundamentada en rigurosas investigaciones, sino que *cabe esperar una actitud de rechazo* que se apoye, entre otros, en concepciones docentes espontáneas, a las que hicimos referencia en la proposición anterior.

Convine señalar a este respecto que, si bien estas concepciones son muy abundantes y constituyen serios obstáculos (en la medida en que son aceptadas acríticamente), no resulta difícil generar una reflexión “descondicionadora” que ponga en cuestión estas “evidencias” y contribuya al trabajo de profundización necesario para su superación, aproximando las concepciones del profesorado a las adquisiciones de la investigación didáctica (Gil et al., 1991; Pessoa de Carvalho y Gil, 2006). El problema no estriba, pues, en la existencia de estas preconcepciones, sino en que habitualmente no se proporcionan ocasiones que permitan al profesorado analizarlas con un cierto distanciamiento crítico. Cabe suponer que esto mismo sea válido para el caso del profesorado universitario, aunque en este caso se den circunstancias específicas que es preciso considerar.

Proposición N°5. ¿Docencia contra investigación?

Quizás una de las concepciones más extendidas entre el profesorado universitario sea concebir la docencia como una actividad *secundaria* que distrae un tiempo excesivo, perjudicando a su tarea principal, es decir, a la investigación (Gil, Beléndez et al., 1991). A ello contribuyen diversas causas, de las cuales destacaremos aquí dos, estrechamente relacionadas:

- La diferente valoración social de la docencia y la investigación: enseñar es considerado algo simple que puede hacer cualquiera; la investigación, por el contrario, es vista como una tarea compleja, importante, reservada a los mejores.
- La investigación es vista por los profesores universitarios, en general, como una tarea abierta y creativa; la docencia como un trabajo estándar, repetitivo y monótono.

Cualquier intento de implicar al profesorado universitario en tareas de investigación/innovación educativa habría de ayudar a modificar estas dos concepciones que enfrentan docencia e investigación.

Por una parte sería preciso mostrar la posibilidad de una docencia liberada de sus connotaciones negativas (monotonía...), capaz de plantear los desafíos y de generar las satisfacciones de una actividad abierta y creativa... como la misma investigación.

Por otra, habría que insistir en algo clave: una buena enseñanza puede y debe ser una contribución esencial a la calidad de la investigación... *que puedan realizar las nuevas generaciones*. Conviene recordar que la esencia de una enseñanza auténticamente universitaria estriba –como se ha señalado reiteradamente al criticar a algunas universidades privadas- en la posibilidad de mostrar un conocimiento vivo, en construcción; de aquí que se considere esencial que el profesor universitario sea también investigador.

La docencia universitaria no puede verse, pues, como una *carga*, como una obligación fastidiosa que debemos cumplir para tener derecho a investigar.

Todo esto forma parte de un discurso que es necesario desarrollar y reivindicar para enfrentarse al actual discurso desvalorizador de la docencia. Pero no es cuestión, únicamente, de discursos. Ello nos remite a nuestra sexta proposición.

Proposición N°6. *Dime qué evalúas y te diré a qué das importancia*

Es bien sabido que los estudiantes de cualquier nivel sólo prestan atención a aquello que se evalúa: por mucho que insistamos en la importancia de algo, si lo que se evalúa son otras cosas, sobre ellas acaba centrándose la atención de los estudiantes y, en última instancia, de los propios profesores (Tamir, 1998).

Cabe esperar que algo semejante ocurra con nuestra propia actividad de profesores universitarios: aquello que no sea objeto de evaluación –en su sentido más positivo de seguimiento e impulso- será visto, en general, como menos importante y no generará esfuerzos de regulación tendentes a su mejora.

A este respecto cabe señalar que los indudables progresos que se han producido últimamente en la actividad investigadora del profesorado universitario español están asociados, entre otros, a las medidas de impulso y seguimiento introducidas (“sexenios de investigación”). Sin entrar a discutir aquí algunas deficiencias de esta evaluación, sus efectos positivos sobre la productividad investigadora han sido ampliamente reconocidos.

Nada similar se ha producido en la docencia. Así, los complementos por “quinquenios de enseñanza” se nos conceden automáticamente sin que tengamos que justificar mérito alguno. Cabe pensar, pues, en la conveniencia de introducir procesos de evaluación de la docencia que puedan jugar un papel de impulso positivo para su mejora y rompan con la impresión general de que la docencia no cuenta y de que lo único importante es la investigación.

Las propias facultades pueden introducir estos procesos. Ésta sería una medida institucional que podría, bien orientada y bien presentada, incrementar el interés de los profesores universitarios por la docencia, estimulando su participación en actividades de innovación e investigación.

Proposición N°7. Lo primero es empezar... ¡por donde sea!

Quizás una posible forma de introducir a los profesores universitarios en las tareas de innovación sea implicarles en la preparación de materiales para el trabajo en el aula siguiendo una metodología de investigación.

Recordemos, por ejemplo, que los *National Standards for Science Education* (National Research Council, 1995) han enfatizado que “*en todos los niveles*, la educación científica debe basarse en la metodología de la investigación”, como forma de favorecer, tanto una actividad significativa, en torno a problemas susceptibles de interesar a los estudiantes, como su progresiva autonomía de juicio y capacidad de participación en tareas colectivas.

El contexto hipotético-deductivo característico de una investigación suministra oportunidades idóneas para un aprendizaje profundo, al obligar a plantear problemas y discutir su relevancia, tomar decisiones que permitan avanzar, formular ideas de manera tentativa, ponerlas a prueba dentro de una estructura lógica general, obtener evidencias para apoyar las conclusiones, utilizar los criterios de coherencia y universalidad... y todo ello en un ambiente de trabajo colectivo y de implicación personal en la tarea.

“Investigar” –o, utilizando otras terminologías próximas “indagar” (Díaz y Jiménez, 1999), o “construir modelos” (Pozo, 1999)- es una forma de aprendizaje profundo: el enfrentarse a situaciones problemáticas y elaborar posibles soluciones a modo de tentativas,

exige el desarrollo de procesos de justificación individuales y colectivos, que forman parte de las estrategias científicas.

Cabe señalar que estas estrategias formativas son las utilizadas en la Universidad con aquellos postgraduados que se incorporan a algún Departamento para prepararse como futuros investigadores. Y cabe señalar también que este periodo es vivido, por la generalidad de quienes pasan por él, como el más fructífero de su formación. Y aunque esta orientación está totalmente ausente de la realidad de las aulas universitarias del primer y segundo ciclo, podemos suponer que la familiarización de los profesores universitarios con la investigación dirigida, que practican en el tercer ciclo, les prepara especialmente para reorientar la enseñanza, en los primeros cursos, en esa misma dirección (Martínez Torregrosa, Gil Pérez y Bernat Martínez, 2003).

Ello convertiría la preparación del trabajo a realizar por los estudiantes y su seguimiento en una auténtica problemática científica, es decir, en una ocasión de innovación e investigación permanente, susceptible de generar las satisfacciones y (¡y preocupaciones!) de cualquier investigación.

¿Qué es lo que impide este paso? Algunos se refieren aquí a cuestiones materiales, como número de alumnos, etc. Sin embargo, hoy es posible ver que asignaturas optativas con 20, 10, o incluso menos estudiantes, son impartidas del mismo modo que si hubiera 100 o más estudiantes. El principal problema, en nuestra opinión, estriba en las concepciones a las que ya nos hemos referido, que desvalorizan la docencia y que tienden a establecer, en definitiva, una rígida línea de demarcación entre el trabajo que se realiza en el primer y segundo ciclo con el que se pasa a hacer con los postgraduados.

Ello no quiere decir que las condiciones materiales no tengan importancia, posiblemente mucha más importancia en la universidad que en la secundaria o en la primaria: no es fácil, por ejemplo, plantear el trabajo en el aula como algo más que la simple transmisión de conocimientos cuando se trabaja, como ocurre a menudo en la universidad, con grupos de un centenar o más de estudiantes, sentados en bancos fijos similares a los de la época de Fray Luís de León. Pero la transformación de estas condiciones materiales no tiene sentido si no responde a nuevos planteamientos de la docencia.

Lo primero que se precisa, pues, tal vez sea crear un clima de reconocimiento de la importancia de la docencia universitaria, superando su desvalorización frente a la actividad investigadora. Algo, sin duda, difícil de conseguir; tanto o más difícil de lograr que la implicación de los profesores de primaria y secundaria en los procesos de renovación curricular. Pero se trata, todo ello, de algo que *habrá que conseguir*, porque la educación –una educación de

calidad, espaciada a lo largo de toda la vida (Delors et al., 1996)- constituye un derecho fundamental de todo ser humano, como eje vertebrador de un desarrollo personal y colectivo estimulante y enriquecedor, que genere actitudes y comportamientos responsables y haga posible la participación en la toma fundamentada de decisiones.

A partir de ese necesario reconocimiento de la importancia de la docencia y de la investigación asociada a la misma, sería posible y deseable que algunos profesores de las distintas áreas -sin dejar de ser miembros del departamento al que pertenecen, es decir, sin dejar de estar en contacto con el resto de sus compañeros de área- centren su actividad investigadora en torno a los problemas de enseñanza/aprendizaje de su área específica. Ello les permitiría asociar a otros colegas -aunque con una implicación mucho menor- en el estudio de dichos problemas y en las innovaciones concebidas.

¿El cuento de la lechera? Tal vez... pero existen ya ejemplos de ello que conviene conocer, analizar y valorar (McDermott, 1996; Viennot, 1997; Guisasaola, Almodí y Zubimendi, 2003). En cualquier caso, la cuestión es empezar un proceso, conscientes de las dificultades y dispuestos a beber de todas las fuentes posibles; dispuestos a aprender de los errores y a realizar todos los replanteamientos que sean necesarios; dispuestos a contribuir a la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos teórico-prácticos. Dispuestos, sobre todo, a disfrutar en el empeño.

Referencias bibliográficas en este capítulo 1

- 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.
- CALATAYUD, M. L., GIL, D. y 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*. (Visor: Madrid).
- DELORS, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*. Madrid: Santillana.
- DÍAZ, J. y JIMÉNEZ, M. P. (1999). Aprender ciencias, hacer ciencias: resolver problemas en clase. *Alambique*, 20, 9-16.
- GIL, D., BELENDEZ, A., MARTIN, A. y MARTINEZ-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. y MARTÍNEZ-TERRADES, F. (2000). La Didáctica de las Ciencias: una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En Perales J y Cañal P (Eds), *Didáctica de las Ciencias: Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias*. Alcoi: Marfil. Capítulo 1.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J.(1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: Horsori.
- GIL-PÉREZ, D. y 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. y VILCHES, A. (2008). ¿Qué deben saber e saber hacer os profesores universitarios? En *Novos enfoques no ensino universitario*. (Pp 25-43). ISBN 978-84-8158-366-3. Vigo: Universidade de Vigo

- GUISASOLA, J., ALMUDÍ, J. M. y 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. y HEWSON, M.G. (1987). Science teachers' conceptions of teaching: implications for teachers education, *International Journal of Science Education*, 9(4), 425-440.
- MARTÍNEZ TORREGROSA, J. GIL PÉREZ, D. Y BERNAT MARTÍNEZ, S. (2003). La Universidad como nivel privilegiado para un aprendizaje como investigación orientada. En Monero, C. y Pozo, J.I., *La Universidad ante la nueva cultura educativa*. Barcelona: Editorial Síntesis
- 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.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1996). *National Science Education Standards*. (National Academy Press: Washington, DC).
- PESSOA DE CARVALHO, A. y GIL, D. (2006). *Formação de Professores de Ciências. Tendências e inovações*. São Paulo: Cortez Editora. 8ª Edición.
- PORLÁN, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- POZO, J. I. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional, *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 513- 520.
- TAMIR, P. (1998). Assessment and evaluation in science education: opportunities to learn and outcomes. En Fraser B.J. y Tobin K.G (Eds) *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.
- VIENNOT, L. (1997). Former en didactique, former sur le contenu? *Didaskalia*, 10, 75-96

2. LA RELACIÓN SECUNDARIA-UNIVERSIDAD: MITOS Y REALIDADES⁽¹⁾

(1) Este capítulo está basado en los siguientes trabajos:

GIL PÉREZ, D. Y 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. y 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.

2.1. Introducción

La relación Secundaria-Universidad, ocupa un lugar central en los debates actuales acerca de la calidad de la enseñanza secundaria, por una parte, y de las dificultades de los estudiantes universitarios, por otra. Merece, pues, ser estudiada con detenimiento porque, como intentaremos mostrar, suele abordarse dando por sentado, a menudo de una forma implícita, que escapa a la reflexión crítica, ciertos *hechos* que constituyen, más bien, auténticos *mitos*, en el sentido de carecer de la realidad que se les atribuye.

Así, la tesis principal con la que, en general, se enfoca el estudio de estas relaciones Secundaria-Universidad, afirma que *existe una grave desconexión entre ambos niveles*. Pero ello constituye, en nuestra opinión, un simple tópico que esconde y refuerza *otra realidad* que intentaremos desvelar: la existencia de una muy estrecha vinculación jerárquica, de efectos básicamente negativos.

Esta tesis de la desconexión aparece asociada a todo un conjunto de concepciones de sentido común que constituyen otros tantos mitos bien estudiados por la investigación educativa, pero que continúan vigentes en buena parte de quienes enseñamos en Secundaria y, aún más, en la Universidad. Muy concretamente, la tesis de la desconexión se apoya en estas otras concepciones:

Se cree que, debido, entre otras razones, a la supuesta desconexión, la enseñanza Secundaria no proporciona una preparación adecuada, por lo que *la “falta de base” constituye la principal causa de fracaso de los estudiantes universitarios*. Para evitar dicho fracaso *se precisa un mayor esfuerzo de selección de los estudiantes con capacidad para realizar estudios superiores*.

Concepciones semejantes se dan al enfocar la relación Primaria-Secundaria y merecen ser analizadas también, pero aquí nos centraremos en el estudio de la relación Secundaria-Universidad.

Estas dos concepciones dan por sentado que *los profesores poseen un conocimiento profundo de su especialidad, que les faculta para detectar las deficiencias del nivel precedente y para dictaminar las vías de solución.*

Discutiremos a continuación estos mitos que, como veremos, están estrechamente relacionados y se apoyan mutuamente, e intentaremos justificar la necesidad de *replantear radicalmente* las actuales relaciones Secundaria-Universidad.

2.2. Los problemas de la “falta de base” con que los estudiantes de secundaria llegan a la universidad y de la "necesidad de una selección rigurosa"

Abordaremos en primer lugar la tesis, ampliamente compartida por el profesorado universitario, de que los problemas de aprendizaje en la Universidad tienen su origen, en buena medida, en la preparación proporcionada por la Secundaria y en la falta de una selección adecuada. Se trata de una tesis que ha sido cuestionada por rigurosas investigaciones, pero que, desgraciadamente, sigue plenamente vigente. En efecto, en entrevistas realizadas, durante la década de los 90, a profesores de facultades de ciencias, acerca de las causas de fracaso de los estudiantes universitarios, la generalidad de los entrevistados atribuía dicho fracaso a la “falta de base”, es decir, a las insuficiencias de la formación en los niveles precedentes (Calatayud, Gil y Gimeno, 1992). Esta falta de base continúa siendo hoy un serio motivo de preocupación social, como muestran las frecuentes declaraciones de las autoridades académicas o los titulares de los medios de comunicación.

¿Qué fundamento tiene esta concepción? Para someter a prueba las deficiencias de la preparación adquirida en la educación Secundaria, en la Universitat de Valencia se realizó una experiencia que recordaremos brevemente: a los estudiantes que habían ingresado en la facultad de Química, se les pasó el primer día de clase un sencillo cuestionario consistente en 20 preguntas consideradas muy elementales por los mismos profesores de Secundaria. Los resultados fueron realmente muy pobres. La misma experiencia se realizó posteriormente con estudiantes de Física, obteniendo resultados similares. Pareciera, pues, que no hay lugar a dudas acerca de la incorrecta preparación proporcionada por la Secundaria. Sin embargo, algunos no aceptamos, por demasiado simplista, la *interpretación* dada a dicha experiencia y expresamos nuestro convencimiento de que las mismas cuestiones, presentadas en idénticas condiciones a los estudiantes de cursos superiores (cuyos conocimientos hubieran recibido ya una valoración positiva por parte de sus profesores universitarios) se traducirían en resultados similares. Fundamentábamos nuestra conjetura en lo que podríamos denominar las “leyes del olvido” (tras

un largo verano, muchos conocimientos recientemente aprendidos dejan de estar en la memoria próxima y no pueden ser utilizados sin una mínima revisión) y, sobre todo, en que las estrategias de enseñanza en la Universidad no son diferentes a las del nivel Secundario, lo que se ha de traducir, por tanto, en un mismo predominio del aprendizaje memorístico sobre el significativo. Propusimos por ello pasar el mismo cuestionario, *también el primer día de clase*, a los estudiantes que llegaban a segundo curso. Los resultados obtenidos mostraron una extraordinaria similitud con los correspondientes a los recién ingresados en la Universidad, sin diferencias significativas en los distintos ítems (Calatayud, Gil y Gimeno, 1992).

Se ponía así en cuestión la tesis simplista que responsabiliza a la enseñanza precedente de los problemas encontrados. Hemos de insistir en que también los profesores de Secundaria solemos incurrir, responsabilizando a la enseñanza Primaria, en estas justificaciones simplistas, que han sido repetidamente falsadas con diseños como el que acabamos de describir, y que nada contribuyen a resolver los problemas. Ello constituye un claro ejemplo del peligro que suponen ciertas concepciones del profesorado (y en realidad de toda la sociedad) acerca de los problemas educativos.

Cabe señalar que estamos asistiendo hoy en nuestro país a un serio rebrote de estas concepciones elitistas y discriminatorias, que reciben un decidido apoyo de las actuales autoridades ministeriales. No se puede negar, -afirman estas autoridades- que, como ha mostrado un reciente estudio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el nivel de los estudiantes españoles de Secundaria es muy bajo y exige un esfuerzo de selección. La publicación de los resultados de dicho estudio, realizado en 32 países por la OCDE para evaluar la comprensión lectora, la cultura matemática y la cultura científica de los estudiantes de Secundaria, ha dado lugar a alarmistas titulares de prensa (Gil y Vilches, 2002). Se proclama con tono dramático que España aparece en dicho estudio por debajo de la media en los tres aspectos analizados y se ve en ello una prueba más del deterioro experimentado por la Educación Secundaria en nuestro país. Dichos resultados supondrían, en consecuencia, un claro apoyo para los cambios que se están promoviendo en el sistema educativo y, muy concretamente, para la llamada "Ley de Calidad" que el Ministerio pretende implantar con objeto de introducir nuevas barreras selectivas y "elevar el nivel" de nuestro sistema educativo ¿Hasta qué punto es correcta esta lectura?

Para empezar conviene relativizar el dramatismo de esos resultados. Es cierto que España aparece por debajo de la media en los tres dominios analizados. Pero también lo es que un país como Italia aparece por debajo de España en esos tres aspectos y que Alemania lo está en dos de

ellos (compresión de la escritura y educación científica). Conviene, pues, mirar más detenidamente las cifras que se dan para poder interpretarlas correctamente.

Por lo que se refiere, concretamente, a la cultura científica, España, por debajo de la media, obtiene una puntuación de 491; EEUU, en la zona media 499 y Corea, el país de mayor puntuación, 552 puntos. Unas sencillas proporciones nos permiten calcular que, si concediéramos a Corea una calificación de 10, (sin que pretendamos decir con ello que en dicho país la cultura científica haya alcanzado la situación más deseable) a EEUU le correspondería 9 y a España... 8.9. No parece, pues, que haya lugar para esas declaraciones alarmistas, sobre todo si tenemos en cuenta que los resultados españoles han mejorado respecto al anterior estudio realizado en 1995. Ello no quiere decir, insistimos, que la educación científica sea maravillosa en nuestro país, sino que las diferencias con otros países de nuestro entorno son mínimas: si, por ejemplo, concediéramos a Corea sólo un 6, España obtendría 5.3.

Sin embargo, nuestras autoridades educativas, los medios de difusión y numerosos profesores insisten en hablar de grave deterioro de la educación secundaria y pretenden remediarlo con una Ley de Calidad, uno de cuyos elementos centrales es la separación de los estudiantes a los 14 años en, básicamente, tres itinerarios distintos según sus capacidades, interés y rendimiento: uno orientado hacia el bachillerato, otro hacia la formación profesional y un tercero para los que a los 16 años se incorporen ya al sistema productivo.

Con estas barreras selectivas se pretende elevar el nivel de la educación en general y, muy en particular, de la científica. Pero debemos dejar bien claro que los resultados del estudio de la OCDE, que el Ministerio toma como apoyo para su propuesta de itinerarios a partir de los 14 años, cuestionan esa separación temprana de los estudiantes. En efecto, una diferenciación similar se está aplicando desde hace décadas en Alemania y los resultados, como muestra el estudio, son más bajos que los de países con sistemas comprensivos como Finlandia, el Reino Unido o, incluso, España. De hecho el informe señala explícitamente que, en general, la segregación temprana influye negativamente en los resultados globales de la población. ¿Qué sentido tiene, pues, *volver* a esa diferenciación en nuestro país? ¿Cómo es posible que responsables del Ministerio afirmen que el informe de la OCDE es "un aval" para el cambio de rumbo que pretenden realizar? Un cambio de rumbo que "facilita" la rápida salida del sistema educativo a los encuadrados en el tercer itinerario y dificulta a la mayoría el acceso a la Universidad... mientras las actuales reformas en países de nuestro entorno están orientadas a *promover la continuación* en los estudios del mayor número de jóvenes después del periodo obligatorio. En Inglaterra, por ejemplo, con un modelo de escuela comprensiva, pretenden conseguir que al menos el 90% de los jóvenes sigan estudiando más allá de los 17 años.

Ello responde a la creciente y bien fundamentada comprensión de que el desarrollo individual y social requiere proporcionar el máximo de educación posible a todos los ciudadanos y ciudadanas a lo largo de toda la vida (Delors et al., 1996) y que el problema de la educación no estriba en la selección, en las barreras segregadoras, sino en la promoción y en el *apoyo a quienes tienen dificultades*. Es inevitable, en efecto, que niñas y niños que proceden de medios socioculturales muy diversos respondan inicialmente de formas muy distintas a las propuestas educativas. Muchos tienen dificultades que, si no son abordadas, van incrementándose y les condenan al fracaso. Se necesita reconocer las diferencias iniciales y abordarlas cuanto antes con las estrategias que permitan su superación, en el marco de un modelo educativo comprensivo e integrador: con atención y apoyo personalizados, con diversificaciones curriculares, incluso con determinados agrupamientos coyunturales... pero siempre con el objetivo de lograr la integración de dichos estudiantes, siempre transmitiendo expectativas positivas e impulsando y apoyando los avances. Y ello no es algo a plantear a partir de los 14 años, sino desde el principio de la escolarización, desde que empiecen a aparecer problemas.

Pero es indudable, se insiste, que las evaluaciones más rigurosas muestran que las materias científicas no están al alcance de todos. Conviene detenerse en esta otra "evidencia" y preguntarse si son realmente tan "objetivas y precisas" nuestras valoraciones. Esto es algo que innumerables investigaciones han hecho y los resultados son bien conocidos. Recordémoslos.

Para poner a prueba la supuesta objetividad y precisión de las evaluaciones, la primera idea que surge habitualmente es dar a corregir un mismo examen a diversos profesores. Éste es un diseño clásico que ya fue utilizado por Hoyat (1962) con ejercicios de Física del Bachillerato francés, encontrando que un mismo ejercicio de Física era calificado con notas que iban de 2 a 8 (¡). Este diseño se ha utilizado numerosas veces con resultados similares, pero es cierto que ello no basta para probar la falta de objetividad y precisión: estas discrepancias en las notas pueden ser, simplemente, el fruto de distintos criterios ("Hay profesores rigurosos, otros con manga ancha..."). Surge así la idea de este otro diseño: hacer corregir de nuevo el mismo examen, al cabo de un cierto tiempo, a los mismos profesores. También este diseño fue ya utilizado por Hoyat, con resultados que mostraban una fuerte dispersión de las notas dadas por *los mismos* profesores.

Se han utilizado también diseños más sofisticados, destinados a ver cómo influyen las expectativas de los profesores. Nosotros hemos utilizado reiteradamente un diseño de este tipo, con profesores en activo y en formación: en el contexto de un seminario acerca de la evaluación, se propone a cada profesor la valoración de algún ejercicio, pidiéndole una puntuación entre 0 y 10 y, sobre todo, comentarios que puedan ayudar al alumno a comprender

mejor la cuestión planteada. El ejercicio que se entrega para corregir es el mismo para todos los profesores, con la “única” diferencia de un pequeño texto introductorio, que en la mitad de las copias atribuye el ejercicio a un alumno "brillante" y en la otra mitad a un alumno "que no va demasiado bien". Este pequeño comentario, sin embargo, provoca diferencias en las medias del orden de 2 puntos (¡) y comentarios, en general, de apoyo al alumno “brillante” y de crítica y rechazo al “mediocre” (Alonso, Gil y Mtnez-Torregrosa, 1992).

Conviene recordar también la célebre experiencia de “Pígalión en la Escuela” (Rosenthal y Jacobson, 1968): en una serie de escuelas, situadas en zonas económica y culturalmente desfavorecidas, se hizo creer a los profesores que un test de inteligencia había detectado que unos determinados alumnos (elegidos en realidad al azar, uno en cada escuela) poseían un cociente intelectual extraordinario. Dos años después se pudo constatar que los alumnos señalados habían experimentado un desarrollo intelectual muy superior al de sus condiscípulos. Investigaciones como ésta muestran que los profesores no sólo calificamos más alto a los alumnos que consideramos brillantes, sino que nuestras expectativas positivas se traducen en impulso, seguimiento y ayuda que favorece su progreso.

Como vemos, todos estos resultados cuestionan la supuesta objetividad y precisión de la evaluación en un doble sentido: Por una parte muestran hasta qué punto las valoraciones habituales están sometidas a amplísimos márgenes de incertidumbre (aunque los profesores acostumbremos escribir notas como 4.75, como si todo lo que hemos aprendido sobre márgenes de imprecisión, reproductibilidad de resultados, etc., dejara de ser válido cuando se trata de evaluar) y, por otra parte, hacen ver que la evaluación constituye un instrumento que afecta muy decisivamente a aquello que se pretende medir con ella, es decir, al propio proceso evaluado. Dicho de otro modo, los profesores no sólo nos equivocamos al calificar (dando, por ejemplo, puntuaciones mas bajas a ejercicios que creemos hechos por alumnos "mediocres"), sino que contribuimos a que nuestros prejuicios -los prejuicios, en definitiva, de toda la sociedad- se conviertan en realidad: esos alumnos acaban teniendo logros inferiores y actitudes más negativas hacia el aprendizaje de las ciencias que los alumnos considerados brillantes.

Es preciso, pues, superar las actuales expectativas negativas de buena parte del profesorado y de la sociedad hacia la ampliación de la escolaridad obligatoria y hacia un más amplio acceso a los estudios superiores. Precisamente, uno de los resultados más notables de la *effective school research* (Rivas, 1986) fue que el funcionamiento de las "escuelas eficaces" estaba caracterizado por las *altas expectativas que los profesores de dichos centros poseían y transmitían a sus alumnos*, así como por el seguimiento y apoyo constante a su trabajo. Todo parece indicar, pues, que las dificultades actuales son debidas, al menos en parte, a un clima

generalizado de desconfianza y rechazo que está generando expectativas negativas entre los profesores y los propios estudiantes y, por tanto, en aceptación del fracaso de muchos de ellos como algo "natural"... que debe ser detectado y oficializado con pruebas selectivas "rigurosas y objetivas".

Como vemos, los decepcionantes resultados de la educación científica que afectan a todos los niveles de la enseñanza no pueden despacharse con explicaciones simplistas, basadas en una supuesta "incapacidad" de la mayoría de los estudiantes, o en las deficiencias del nivel precedente. Sin embargo ésa es la opinión, ya lo hemos señalado, de muchos profesores de materias científicas, tanto universitarios como de Secundaria, que se refieren a la "falta de base", a la inadecuada preparación proporcionada por el nivel precedente (Secundaria o Primaria) y a la falta de medidas selectivas eficaces, como las principales causas de fracaso de sus estudiantes.

Podemos, pues, concluir, que *la evidencia de "la falta de base", de un creciente "descenso de nivel", supuestamente certificada por "evaluaciones rigurosas", constituye un auténtico mito*, como han mostrado los resultados convergentes de numerosas investigaciones. Pero estos resultados tropiezan con la escasa atención del profesorado y de las propias autoridades ministeriales hacia esa investigación, así como con la seguridad que proporciona *un conocimiento profundo de las materias enseñadas*, que nadie parece poner en duda, en particular por lo que se refiere al profesorado universitario. Analizaremos en el siguiente apartado en qué medida dicho conocimiento faculta al profesorado de Universidad y de Secundaria, efectivamente, para detectar e interpretar las deficiencias del nivel precedente y para determinar las vías de solución. Y estudiaremos, más globalmente, hasta qué punto se puede aceptar la tesis central de una grave desconexión entre los niveles de Secundaria y Universidad, a la que se atribuyen las principales dificultades.

2.3. Los problemas de la preparación del profesorado y de la supuesta desconexión secundaria-universidad

Existe un acuerdo general en que el conocimiento *profundo* de la materia que se ha de impartir constituye un requisito imprescindible para una enseñanza de calidad. La investigación ha mostrado, en efecto, que la falta de dicho conocimiento dificulta muy seriamente que los profesores afectados puedan valorar correctamente los resultados de la enseñanza o participar en la elaboración de propuestas innovadoras (Tobin y Espinet, 1989). Pero es preciso ser conscientes de que un buen conocimiento de la materia va más allá de lo que suele impartirse en las facultades de ciencias y no se reduce a conocer los hechos, leyes y teorías que conforman el

cuerpo de conocimientos científicos. Un buen conocimiento de la materia para un docente, tanto de Secundaria como de Universidad, supone también, entre otros aspectos (Gil et al., 1991):

- Conocer los problemas que originaron la construcción de dichos conocimientos y cómo llegaron a articularse en cuerpos coherentes, evitando así visiones estáticas y dogmáticas que deforman la naturaleza del conocimiento científico. Se trata, en definitiva, de conocer la historia de las ciencias, no sólo como un aspecto básico de la cultura científica general, sino, primordialmente, como una forma de asociar los conocimientos científicos con los problemas que originaron su construcción, sin lo cual dichos conocimientos aparecen como construcciones arbitrarias. Se puede así, además, conocer cuáles fueron las dificultades, los obstáculos epistemológicos que hubo que superar, lo que constituye una ayuda imprescindible para comprender las dificultades de los estudiantes.
- Conocer las orientaciones metodológicas empleadas en la construcción de los conocimientos, es decir, conocer la forma en que los científicos se plantean y tratan los problemas, las características más notables de su actividad, los criterios de validación y aceptación de las teorías científicas...
- Conocer las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad asociadas a la construcción de conocimientos, sin ignorar el carácter a menudo conflictivo del papel social de las ciencias y la necesidad de la toma de decisiones.
- Tener algún conocimiento de los desarrollos científicos recientes y sus perspectivas, para poder transmitir una visión dinámica, no cerrada, de la ciencia.
- Adquirir conocimientos de otras disciplinas relacionadas, para poder abordar problemas “puente”, las interacciones entre distintos campos y los procesos de unificación, que constituyen momentos cumbre del desarrollo científico.

Las necesidades formativas de los profesores de materias científicas no se limitan, por otra parte, a este conocimiento en profundidad de la disciplina, sino que incluyen muchos otros conocimientos específicos de la docencia, como saber diseñar programas adecuados de actividades y todo lo que supone dirigir y evaluar la actividad de los estudiantes. Tan sólo resaltaremos el papel esencial que juegan (o, mejor dicho, habrían de jugar) en dicha formación el conocimiento y análisis crítico del pensamiento docente espontáneo (Porlán, 1993; Bell, 1998) y la familiarización con el cuerpo de conocimientos teóricos que la didáctica de las ciencias nos ofrece hoy en torno a los problemas que plantea el proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias (Fraser y Tobin, 1998; Perales y Cañal, 2000).

¿Hasta qué punto los profesores de ciencias poseemos ese conjunto de conocimientos? No resulta difícil contestar con un no rotundo por lo que respecta a la formación inicial que

recibimos los profesores de Secundaria o de Universidad. *Una formación inicial absolutamente idéntica* -lo que es importante recordar a la hora de analizar la supuesta "desconexión" Secundaria-Universidad- que se limita a una transmisión de conocimientos conceptuales, en la que está ausente una mínima aproximación a la naturaleza de la ciencia y a las relaciones CTS. Pero una preparación como la que hemos presentado resumidamente ha de ser concebida como parte de una formación continua del profesorado en activo, y aquí sí aparecen diferencias importantes entre el profesorado de Secundaria y Universidad que merecen ser discutidas para, entre otras cosas, ver si justifican la supuesta desconexión entre ambos niveles.

Una diferencia estriba en que, entre bastantes profesores de Secundaria se constata una preocupación por la renovación de su enseñanza para responder a un fracaso escolar –que suele venir acompañado de un creciente rechazo hacia los estudios científicos- que se ha convertido en un problema social, sin paralelo, *hasta el momento*, en la Universidad. El reconocimiento de la importancia de la alfabetización científica, y las dificultades encontradas para su extensión al conjunto de la ciudadanía (Simpson et al., 1994), han impulsado la investigación en torno a la educación científica y tecnológica en el nivel secundario, que ha llegado a ser, según ha valorado la American Association for the Advancement of Science, una de las áreas estratégicas de la investigación científica. De hecho, los logros de esta investigación en apenas dos décadas han sido realmente impresionantes, como evidencian, por ejemplo, los Handbooks publicados (Gabel, 1994; Fraser y Tobin, 1998).

Todo ese dinamismo aparece estrechamente asociado a la apertura de un proceso de reformas que se han venido fundamentando, debatiendo y ensayando en numerosos países a lo largo de más de una década y que orientan a organizar el aprendizaje de las ciencias como un trabajo de los estudiantes próximo a una investigación, debidamente apoyado por el profesor.

La idea de que el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias se desarrollen como un proceso de (re)construcción de conocimientos en un contexto *que se inspire* (dentro de lo posible en cada nivel) en el de la investigación científica es compartida por un amplio abanico de investigadores en didáctica de las ciencias y muchas de las recientes propuestas curriculares han hecho suya esta orientación. Así, los National Standards for Science Education (1996) proclaman que *"en todos los niveles, la educación científica debe basarse en la metodología de la investigación"*, como forma de favorecer, tanto una actividad significativa, en torno a problemas susceptibles de interesar a los estudiantes, como su progresiva autonomía de juicio y capacidad de participación en tareas colectivas". Ello se fundamenta, entre otras razones, en el hecho de que el contexto hipotético-deductivo característico de una investigación suministra oportunidades idóneas para un aprendizaje profundo, al obligar a plantear problemas y discutir

su relevancia, tomar decisiones que permitan avanzar, formular ideas de manera tentativa, ponerlas a prueba dentro de una estructura lógica general, obtener evidencias para apoyar las conclusiones, utilizar los criterios de coherencia y universalidad... y todo ello en un ambiente de trabajo colectivo y de implicación personal en la tarea. “Investigar” –o, utilizando otras terminologías próximas, “indagar” (Díaz y Jiménez, 1999) o “construir modelos” (Pozo, 1999)- es una forma de aprendizaje profundo: enfrentarse a situaciones problemáticas y elaborar posibles soluciones a modo de tentativas, exige el desarrollo de procesos de justificación individuales y colectivos, que forman parte de las estrategias científicas.

Este dinamismo y estos progresos de la investigación e innovación han sido generales en los países de nuestro entorno cultural y han ejercido su influencia en numerosos profesores de Secundaria. Como ya señalaba Briscoe (1991), refiriéndose a la experiencia norteamericana, cada año miles de profesores participan en seminarios o asisten a cursos con la intención de perfeccionarse profesionalmente y familiarizarse con nuevas técnicas, nuevos materiales curriculares, nuevas formas de favorecer la creatividad y el aprendizaje de sus alumnos.

¿Cuáles son los resultados de estos esfuerzos? A pesar de esa voluntad de renovación a que nos referíamos, que ha llevado a numerosos docentes a participar en cursos de perfeccionamiento, gran parte de estos profesores y profesoras se encuentran, antes de que puedan darse cuenta, enseñando de la misma forma como lo habían hecho siempre, adaptando los nuevos materiales o técnicas a los patrones tradicionales, lejos de cualquier orientación investigadora. Se genera así una lógica frustración y decepción al percibir que las cosas no han funcionado mejor que los años precedentes a pesar de las nuevas y prometedoras ideas. ¿Cuáles pueden ser los motivos de esta falta general de efectividad? De forma muy sucinta, nos referiremos a tres causas señaladas por los investigadores:

En primer lugar, este resultado –que ha afectado a la generalidad de los actuales procesos de renovación- no es debido a que las innovaciones contempladas carezcan de interés, sino que pone en evidencia que un modelo de enseñanza es algo más que un conjunto de elementos yuxtapuestos e intercambiables: constituye una estructura dotada de una cierta coherencia y cada uno de sus elementos viene apoyado por los restantes (Viennot, 1989). Se ha empezado así a comprender que los esfuerzos de innovación en la enseñanza de las ciencias, realizados estas últimas décadas, pierden gran parte de su capacidad transformadora si quedan en aportaciones puntuales, desligadas, como las que se contemplan, a menudo, en los cursos de “perfeccionamiento” del profesorado. Así, por ejemplo, los investigadores han llamado la atención sobre la necesidad de acompañar las innovaciones curriculares de cambios similares en la evaluación (Linn, 1987). Poco importan, en efecto, la innovaciones introducidas o los

objetivos enunciados: si la evaluación sigue consistiendo en ejercicios para constatar el grado de retención de algunos conocimientos “conceptuales”, éste será para los alumnos el verdadero objetivo del aprendizaje.

La segunda causa del fracaso de muchos esfuerzos de renovación curricular y mejora de la enseñanza estriba en que, como ha mostrado, entre otros, Cronin-Jones (1991), los diseñadores de currículos no suelen tener en cuenta la fuerte influencia de las concepciones de los profesores en el proceso de implementación curricular. En efecto, comienza hoy a comprenderse que los profesores tenemos ideas, actitudes y comportamientos sobre la enseñanza debidos a una larga formación "ambiental", en particular durante el periodo en que fuimos alumnos, que ejerce una notable influencia, por responder a experiencias reiteradas y adquirirse de forma no reflexiva, como algo natural, obvio, "de sentido común", escapando así a la crítica y convirtiéndose, insistimos, en un verdadero obstáculo para el cambio (Gil et al., 1991; Porlán, 1993; Bell, 1998).

Pero aunque tener en cuenta dichas concepciones constituye un requisito esencial para incorporar al profesorado al proceso de renovación curricular, ello no es suficiente para lograrlo, debido, como ha mostrado la investigación, a una tercera causa del fracaso de las reformas educativas: nos referimos a la escasa efectividad de *transmitir* al profesorado las propuestas de los expertos para su aplicación. Es necesario, además, que los profesores *participemos en la construcción* de los nuevos conocimientos didácticos, abordando los problemas que la enseñanza nos plantea (Briscoe, 1991). Sin esa participación, no sólo resulta difícil que los profesores y profesoras hagan suyos y lleven eficazmente adelante los cambios curriculares, sino que *cabe esperar una actitud de rechazo* que se apoya, entre otros, en ciertas preconcepciones docentes, a las que ya hemos hecho referencia, como el temor al "descenso del nivel" que puede suponer la prolongación de la escolaridad obligatoria para nuevos sectores de la población.

Dificultades como las señaladas, a las que habría que añadir la falta de formación para la investigación del profesorado de Secundaria, se traducen en un clima de resistencia (explícita o implícita) de muchos profesores a las innovaciones y en imposibilidad de progresos generalizados.

Por lo que respecta a los profesores universitarios no se ha dado hasta aquí, salvo en casos aislados, una especial atención a los problemas de enseñanza/aprendizaje, pero cabría esperar que su preparación para la investigación, a través de su incorporación a equipos dirigidos por expertos, que forma parte esencial de su actividad, a diferencia de lo que ocurre hoy con la mayoría de los profesores de Secundaria, podría transferirse al tratamiento de dichos problemas y llevarles a orientar el aprendizaje de sus estudiantes como una investigación debidamente

apoyada, tal como reclaman los expertos. Hay que reconocer, sin embargo, que esta preparación para la investigación de los profesores universitarios no se traduce en un mejor tratamiento de los problemas de enseñanza/aprendizaje, debido a la absoluta separación que en la Universidad se da, en general, entre actividad investigadora y enseñanza. A ello contribuye el hecho de que la incorporación a la docencia universitaria suele ser un *subproducto* de la incorporación a las tareas de investigación y es vivida, en bastantes ocasiones, como una carga que quita tiempo a esas tareas investigadoras prioritarias, así como la diferente valoración social de la docencia y la investigación: enseñar es visto como algo estándar, repetitivo, que puede hacer cualquiera, mientras que la investigación es una tarea compleja, abierta y creativa, reservada a los mejores.

Es bien sabido, por otra parte, que los comportamientos no se transfieren automáticamente de unos campo de actividad a otros. Se puede ser un notable investigador en, pongamos, biología molecular, y al propio tiempo ser capaz de afirmar con contundencia cualquier trivialidad en el ámbito educativo que no resiste un mínimo análisis. Pensar y actuar científicamente constituye un esfuerzo consciente que se realiza en el estricto campo de investigación, mientras que en la política, en la vida familiar, *en la educación*, se puede y se suele actuar con una espontánea falta de espíritu crítico. Es lo que sucede con las rotundas denuncias que desde la Universidad se hacen de las deficiencias de la Secundaria: no son el fruto de un conocimiento profundo, supuestamente irrefutable, sino de la **aceptación de mitos inconsistentes**. Y lo mismo puede decirse, claro está, de las críticas que desde Secundaria se dirigen a Primaria.

No se aprecian, en definitiva, diferencias esenciales entre los planteamiento docentes del profesorado de Secundaria y de Universidad: en ambos casos encontramos concepciones espontáneas semejantes para el enfoque de los problemas de enseñanza/aprendizaje. Y en ambos casos la práctica docente mayoritaria se traduce en la misma omnipresente transmisión de conocimientos conceptuales ya elaborados, ejercicios operativos planteados como “no problemas” o prácticas de laboratorio desarrolladas a modo de rígidas “recetas”, todo ello alejado de las estrategias flexibles y tentativas propias de la actividad científica, y todo ello presentado de forma descontextualizada.

Podemos concluir, pues, que *no existe un problema de desconexión real entre la Secundaria y la Universidad, sino, por el contrario, una coherencia básica en la orientación y en los resultados que se obtienen*. Una coherencia que es fruto de una formación inicial del profesorado idéntica, que se impone como modelo vivido, y de una misma falta de cuestionamiento, de tratamiento en profundidad de los problemas de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, que se abordan acríticamente desde concepciones espontáneas similares.

¿Significa eso que no ha lugar para reclamar y potenciar unas relaciones Secundaria-Universidad más estrechas y que no puede esperarse nada de las mismas para la mejora de la educación científica? La respuesta es afirmativa si se conciben dichas relaciones como una vinculación jerárquica destinada a que los profesores universitarios “cubran las deficiencias” de sus colegas de instituto, a través de la explicación de temas, el montaje de sesiones de prácticas, etc. Este tipo de “perfeccionamiento” sólo puede servir, en general, para “refrescar” las orientaciones que los profesores de Secundaria (y los de Universidad) ya recibieron en las facultades, es decir, para “más de lo mismo”, para reforzar los enfoques meramente operativos que presentan la ciencia como una actividad descontextualizada, rígida... en las antípodas de su verdadera naturaleza de aventura del pensamiento. Existe, sin embargo, otro enfoque posible, radicalmente distinto, de dichas relaciones Secundaria-Universidad, que sí puede contribuir a la mejora de la enseñanza secundaria... y *universitaria*. Permítasenos señalar, en efecto, que la mejora de la enseñanza universitaria –y, muy concretamente, la destinada a la formación del profesorado de ciencias (Anderson y Mitchener, 1994)- se plantea hoy con la misma urgencia, al menos, que la de los niveles denominados “inferiores” (con una terminología que transparenta ingenuas concepciones elitistas muy frecuentes).

Nos referiremos, seguidamente, a ese posible más fecundo enfoque de las relaciones Secundaria-Universidad, que trata de no incurrir en los mitos bloqueadores que hemos analizado hasta aquí.

2.4. Por unas nuevas relaciones Secundaria-Universidad

Como hemos intentado mostrar, no puede hablarse de *desconexión* entre Secundaria y Universidad en lo que se refiere a la enseñanza de las ciencias. Muy al contrario, nos encontramos con orientaciones similares, que responden a una misma formación y a unas mismas carencias. Y si hablamos de falta de relación para señalar que no hay contactos regulares entre profesores universitarios y de instituto, hay que reconocer que ello es cierto, pero tan cierto como que tampoco se dan contactos regulares entre los mismos profesores de Secundaria o, por lo que se refiere a la docencia, entre los profesores de Universidad. (Nos referimos a verdadero trabajo colectivo, no a simples contactos de coordinación o de preparación de exámenes, etc., que, claro está, sí tienen lugar en ambos niveles). Y no se da ese trabajo colectivo en ninguno de los dos casos porque se comparte un mito al que ya hemos hecho referencia: el de que enseñar es fácil, una actividad escasamente exigente que cada cual puede realizar aisladamente a partir de la formación recibida en la facultad.

Lo que ha mostrado la ya amplia investigación en el campo de la educación científica cuestiona radicalmente ese mito (Gabel, 1994; Fraser y Tobín, 1998). Una enseñanza de calidad exige abordar con rigor los problemas que plantea el proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, exige investigar e innovar. Y eso vale, debemos insistir, tanto para la educación Secundaria como para la Universidad.

En efecto, la implicación del profesorado universitario en actividades de innovación e investigación educativas puede darse por segura a medio plazo, por las mismas razones que provocaron el *inicio* (todavía muy insuficientemente desarrollado) de la innovación e investigación educativas en torno a la enseñanza primaria y, más tarde, a la secundaria: el fuerte incremento de la población escolar -ahora también, afortunadamente, la universitaria- que convierte en problemas sociales el fracaso de muchos estudiantes, su actitud de rechazo, o la deficiente preparación de quienes terminan sus estudios. La sociedad y la propia Universidad no pueden permanecer indiferentes, a la larga, ante estos problemas -que afectan gravemente a las posibilidades de desarrollo social- ni contentarse con pseudoexplicaciones autoexculpatorias que nada modifican.

Ello impulsará –está ya comenzando a impulsar en algunas Universidades- esfuerzos de mejora, trabajos de innovación e investigación (Gil, Carrascosa y Martínez Terrades, 2000). Esfuerzos que pueden resultar potenciados por equipos mixtos, siempre que se eviten ciertos tics –como dar por sentado que se trata de abordar “las deficiencias de la Secundaria” desde una Universidad incuestionable-, que se apoyan en los mitos que hemos analizado. En efecto, la coherencia que ahora existe en la orientación de la enseñanza en ambos niveles, debe lograrse también en las transformaciones necesarias. Se trataría, en definitiva, de *reorientar las relaciones Secundaria-Universidad como parte de un replanteamiento en profundidad de toda la educación científica*. Un replanteamiento que se apoye en la abundante investigación ya existente y, sobre todo, en una participación generalizada del profesorado en *la construcción* de los nuevos conocimientos didácticos, abordando los problemas que la enseñanza nos plantea. Sin esa participación, ya lo hemos señalado, resulta difícil que los profesores y profesoras -de Secundaria o de Universidad- llevemos eficazmente adelante las necesarias transformaciones, aunque estén fundamentadas en rigurosas investigaciones (Briscoe, 1991).

En el caso del profesorado universitario existe una práctica de la investigación que *puede* ser muy útil para abordar con rigor los problemas de enseñanza/aprendizaje. De hecho, buena parte de la investigación en didáctica de las ciencias ha sido realizada por profesores universitarios “reconvertidos” que, por unas u otras razones, han podido romper con los mitos que bloquean habitualmente la aproximación a los problemas de enseñanza/aprendizaje. La

cuestión esencial estriba, pues, en favorecer el cuestionamiento de dichos mitos y, muy en particular, mostrar la posibilidad de una docencia liberada de sus connotaciones negativas (monotonía, rigidez, ...), capaz de plantear los desafíos y de generar las satisfacciones de una actividad abierta y creativa... como la misma investigación.

Para el caso del profesorado de Secundaria es preciso, además, un cambio sustancial en la concepción social de lo que supone enseñar, que afecta a las condiciones laborales vigentes. Dichas condiciones no tienen en cuenta esta necesidad de trabajo colectivo de investigación e innovación como parte esencial de la tarea docente: los horarios lectivos recargados, por ejemplo, constituyen una muy seria dificultad.

Por ello, el establecimiento de una estructura plenamente efectiva de tratamiento de los problemas de enseñanza/aprendizaje constituye un proyecto extremadamente exigente desde muchos puntos de vista (incluido el presupuestario) y, por tanto, solidario de una profunda reconsideración del papel de la educación en nuestras sociedades. Ha de contemplarse, pues, como un objetivo a largo plazo, (lo que no significa, ni mucho menos, posponer las acciones necesarias para lograrlo), como el resultado de un proceso en el que estamos inmersos y que en poco más de un siglo ha generalizado la educación Primaria y Secundaria en los países desarrollados.

Un proceso que, como se señala en el *Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI* (Delors et al., 1996) ha de extender la educación a todos los ciudadanos y ciudadanas del planeta a lo largo de toda la vida, para hacer posible una sociedad sostenible (Ver www.oei.es/decada; Vilches y Gil, 2003). Es en ese marco auténticamente revolucionario de *Educación para la Sostenibilidad* –cuyo significado apenas hemos empezado a construir- en el que debemos contemplar el establecimiento de unas nuevas relaciones de cooperación e impulso mutuo entre los distintos niveles educativos.

Referencias bibliográficas en este capítulo 2

- ALONSO, M., GIL, D. y 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.
- ANDERSON, R.D. y MITCHENER, C.P. (1994). Research on science teacher education. En GABEL, D.L. (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching Education*. New York, Macmillan Pub. Co.
- BELL, B. (1998). Teacher development in science education. En FRASER, B.J. y TOBIN, K.G (Eds). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Kluber.
- 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.
- CALATAYUD, M.L., GIL, D. y GIMENO, J.V. (1992). Cuestionando el pensamiento espontáneo del profesorado universitario: ¿Las deficiencias de la enseñanza como origen de las dificultades de los estudiantes?, *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado* 14, 71-81.

- 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. (1996). *La educación encierra un tesoro*. Madrid: Santillana.
- DÍAZ, J. y JIMÉNEZ, M. P. (1999). Aprender ciencias, hacer ciencias: resolver problemas en clase. *Alambique*, 20, 9-16.
- FRASER, B. y TOBIN, K.G. (Eds.) (1998). *International Handbook of Science Education*. London, Kluber Academic Publishers.
- GABEL, D.L (Ed.) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, N.Y, MacMillan Pub Co.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MTNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- GIL, D., CARRASCOSA, J. y MARTÍNEZ-TERRADES, F. (2000). La Didáctica de las Ciencias: una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En Perales, J. y Cañal, P. (Eds.), *Didáctica de las Ciencias: Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias*. Alcoy: Marfil.
- GIL, D. y 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.
- HOYAT, F. (1962). Les examens. Institut de L’ UNESCO pour l’ Education. Paris: Bourrelier.
- 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.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- PERALES, J. y CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las Ciencias: Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias*. Alcoi: Marfil.
- PORLÁN, R., (1993). *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de enseñanza - aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: DIADA.
- POZO, J. I. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia 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. y JACOBSON, L. (1968). *Pigmalion in the classroom*. New Jersey: Rineheart and Winston.
- SIMPSON, R.D. et al. (1994). Research on the affective dimension of science learning. En Gabel, D.L (ed.), 1994, *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, N.Y: MacMillan Pub Co.
- TOBIN, K. y 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.
- VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.

3. LA UNIVERSIDAD COMO NIVEL PRIVILEGIADO PARA UN APRENDIZAJE COMO INVESTIGACIÓN ORIENTADA⁽¹⁾

(1) Este capítulo basado en los siguientes trabajos:

MARTÍNEZ TORREGROSA, J. GIL PÉREZ, D. y BERNAT MARTÍNEZ, S., 2003, La Universidad como nivel privilegiado para un aprendizaje como investigación orientada. En Monero, C. y Pozo, J.I., *La Universidad ante la nueva cultura educativa*. Barcelona: Editorial Síntesis.

GIL PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2008). Que deben saber e saber hacer os profesores universitarios. En Cebreiros, M. I. y Casado, N., *Novos enfoques no ensino universitario*, Universidade de Vigo, Vigo: Tórculo Artes Gráficas.

3.1. Introducción y planteamiento del problema

La idea de que el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias se desarrolle como un proceso de (re)construcción de conocimientos en un contexto *que se inspire* (dentro de lo posible en cada nivel) en el de la investigación es compartida por un amplio abanico de investigadores en didáctica de las ciencias (Osborne y Wittrok, 1985; Driver y Holdham, 1986; Gil y Martínez Torregrosa, 1987; Duschl, 1990 y 1995; Burbules y Linn, 1991; Hodson, 1992; Bencze y Hodson, 1999; Furió y Guisasola, 1998; Zoller, 1999; Gil, Carrascosa et al., 1999...). También las recientes propuestas curriculares han hecho suya esta orientación. Así, los National Standards for Science Education (National Research Council, 1996) proclaman que "en **todos los niveles**, la educación científica debe basarse en la metodología de la investigación", como forma de favorecer, tanto una actividad significativa, en torno a problemas susceptibles de interesar a los estudiantes, como su progresiva autonomía de juicio y capacidad de participación en tareas colectivas.

Ello se fundamenta, entre otras razones, en el hecho de que el contexto hipotético-deductivo característico de una investigación suministra oportunidades idóneas para un aprendizaje profundo, al obligar a plantear problemas y discutir su relevancia, tomar decisiones que permitan avanzar, formular ideas de manera tentativa, ponerlas a prueba dentro de una estructura lógica general, obtener evidencias para apoyar las conclusiones, utilizar los criterios de coherencia y universalidad... y todo ello en un ambiente de trabajo colectivo y de implicación personal en la tarea. "Investigar" –o, utilizando otras terminologías próximas "indagar" (Díaz y Jiménez, 1999), o "construir modelos" (Pozo, 1999)- es una forma de aprendizaje profundo: el enfrentarse a situaciones problemáticas y elaborar posibles soluciones a modo de tentativas, exige el desarrollo de procesos de justificación individuales y colectivos, que forman parte de las estrategias científicas.

Cabe señalar que estas estrategias formativas son las utilizadas en la Universidad con aquellos postgraduados que se incorporan a algún Departamento para prepararse como futuros

investigadores. Y cabe señalar también que este periodo es vivido, por la generalidad de quienes pasan por él, como el más fructífero de su formación. Sin embargo, dicha concepción está totalmente ausente de la realidad de las aulas universitarias del primer y segundo ciclo. La omnipresente transmisión de conocimientos ya elaborados, las colecciones de ejercicios resueltos como “no problemas” y las “prácticas de laboratorio” desarrolladas a modo de recetas y desligadas de la estructura lógica de las asignaturas (con mayor o menor apoyo de las “nuevas tecnologías”), parecen insustituibles, por diversas razones que sería muy conveniente investigar, entre las que puede jugar un papel importante, pensamos, un pensamiento docente espontáneo que desliga completamente enseñanza e investigación.

Pese a ello, el notable crecimiento de la población universitaria está convirtiendo las conocidas dificultades y el fracaso académico de elevados porcentajes de estudiantes en un problema social que empieza a merecer atención, es decir, reflexión crítica, innovaciones bienintencionadas –pero, a menudo, carentes de fundamentación- y, por último, investigación. Comienza a reproducirse así, en la Universidad, el mismo proceso iniciado hace algunas décadas en la Educación Secundaria y, mucho antes, en la Primaria.

Nuestro trabajo se inserta en este proceso y se apoya en esfuerzos de innovación e investigación en el campo de la educación científica, tanto en el nivel secundario como en el universitario (Gil, Furió et al., 1999; Black, 2000). A continuación mostraremos cómo concebimos una educación de este tipo para el caso concreto de las materias científicas, indicando la forma de estructurar las actividades típicas de dicha enseñanza, así como la necesaria reorientación de la evaluación.

3.2. La estructura de los temas y cursos en un contexto de investigación

Si, como hemos intentado fundamentar muy someramente, el aprendizaje sólido de los conocimientos científicos implica el desarrollo simultáneo de procesos de producción y aceptación típicos del trabajo científico, y de la implicación axiológica necesaria para que esa tarea tan exigente pueda llevarse a cabo, la planificación de un curso y de los temas en él desarrollados no puede responder simplemente a la lógica que expresa la secuencia “¿qué objetivos deben lograr los estudiantes?, ¿qué contenidos impartir?, ¿cómo ha de ser el examen para constatar el aprendizaje logrado?”, sino que obliga a formularse las preguntas “¿cómo problematizar el curso y cada uno de los temas incluidos para favorecer el aprendizaje con sentido? y ¿cómo evaluar para impulsar y orientar dicho aprendizaje?”.

Desde nuestra propuesta, por tanto, para organizar la estructura de los temas y los cursos, es necesario identificar algunos de los problemas que están en el origen de las teorías que queremos que pasen a formar parte de los conocimientos de nuestros alumnos, discutir la relevancia de los mismos y planificar una estrategia que permita avanzar en la solución a los problemas planteados, en un ambiente hipotético deductivo que suministre oportunidades para la apropiación de la epistemología científica. Esto requiere un análisis histórico, epistemológico y didáctico sobre la materia seleccionada para que su estudio sea útil y factible para los estudiantes implicados. Este análisis está guiado por preguntas tales como:

- ¿Qué problemas están en el origen de las teorías que deseamos que pasen a formar parte del bagaje de nuestros alumnos (objetivos/ clave)?
- ¿Cuáles son/fueron los obstáculos más importantes que hubo que superar para avanzar en la solución a los problemas planteados? ¿Qué ideas, qué razonamientos pueden tener los alumnos sobre los aspectos anteriores que puedan suponer obstáculos para el aprendizaje y que, por tanto, deben ser tomados en consideración? (Identificación de objetivos/ obstáculo).
- ¿Qué plan concreto de investigación –secuenciación- conviene proponer a los estudiantes para avanzar en la solución a los problemas iniciales?

Este estudio está dirigido, en definitiva, al diseño de una estructura del curso que permita a los estudiantes, con el apoyo de profesor, enfrentarse a situaciones problemáticas de interés, poniendo en juego buena parte de los procesos de producción y validación de los conocimientos científicos. Más concretamente ello supone:

1. Plantear, en el **inicio** del curso (y, en su caso, de los grandes bloques o temas que lo compongan) situaciones problemáticas que –inspirándose en las que desde el punto de vista histórico y/o epistemológico, están en el origen de los conocimientos implicados- sirvan de punto de partida para el trabajo de los estudiantes. Por supuesto, debe prestarse atención explícita a que los alumnos se apropien del o los problemas, a que tomen conciencia de su interés, como condición necesaria para su implicación en la tarea.
2. Diseñar la **secuenciación** de los temas del curso con una lógica problematizada, es decir, como una posible estrategia para avanzar en la solución a las grandes preguntas iniciales. Esto da lugar a un hilo conductor en el que cada tema se convierte en un problema más concreto cuya solución permite avanzar en el problema inicial, al mismo tiempo que puede generar nuevos problemas, incrementándose así las relaciones entre los distintos temas.
3. Organizar el **índice** de cada uno de los temas/problema de forma que responda igualmente a una **posible estrategia** para avanzar en su solución, es decir, a un “plan de investigación”

diseñado por el profesor (o, mejor, por equipos de profesores). En este sentido, la estructura o secuencia de apartados del tema debe estar ligada intencional y lógicamente con la problematización inicial. La estructura de los temas no está guiada, por tanto, como es habitual, por los conceptos fundamentales, sino por un intento de plantear y avanzar en **problemas fundamentales**. De este modo, los conceptos son introducidos funcionalmente como parte del proceso de tratamiento de los problemas planteados y de unificación de campos inicialmente inconexos. Si el conocimiento científico es fruto de un intento de responder preguntas, ¿por qué pretender que los alumnos aprendan respuestas sin conocer las preguntas a las que responden? (Otero, 1985).

4. En este contexto de resolución de problemas, los **conceptos y modelos** se introducen, por alumnos y profesor, como tentativas, como hipótesis fundadas, que deben ser puestas a prueba, tanto a través de su capacidad predictiva en situaciones de laboratorio y en el abordaje de situaciones problemáticas abiertas concretas -que requieren una modelización basada en los mismos (contexto de resolución de problemas, incluyendo la toma de decisiones en situaciones de interés social)-, como a través del establecimiento de su coherencia con la globalidad de los conocimientos ya establecidos por investigaciones precedentes. La realización de ejercicios, los trabajos prácticos, y la resolución de problemas se integran con sentido, junto a la introducción de conceptos y sus relaciones, dentro de la estructura de investigación (Gil, Furió et al., 1999).
5. Consideramos esencial la realización de recapitulaciones periódicas (**recapitulaciones problematizadas**) sobre lo que se ha avanzado en la solución al problema planteado, los obstáculos superados y lo que queda por hacer, prestando así especial atención a la regulación y orientación de los alumnos en el desarrollo de la investigación.

Todo ello constituye una forma de trabajo en el aula que favorece la explicitación de las propias ideas y su confrontación con las de otros, en un ambiente hipotético-deductivo rico en episodios de argumentación y justificación, tan importantes para el aprendizaje de conocimientos científicos (Driver, Newton y Osborne, 2000). Se pretende así, en definitiva, crear un ambiente que favorezca simultáneamente la implicación afectiva y la racionalidad científica de todos los implicados (profesor y alumnos) en la resolución de los problemas. Por supuesto, ello exige una cuidadosa planificación de la tarea por el profesor, mediante programas de investigación (programas de actividades debidamente engarzadas) y dejar tiempo en el aula para que los alumnos piensen, argumenten y refuten. Presentaremos seguidamente un ejemplo concreto.

3.3. Un ejemplo de tema estructurado como investigación dirigida

A título de ejemplo presentamos el resultado de este proceso para un tema concreto: “¿Cómo se mueven el Sol y la Tierra? (Iniciación a la Astronomía diurna)”, impartido a estudiantes de 2º curso de Magisterio, en la asignatura de “Ciencias de la Naturaleza y su didáctica”.

El estudio histórico, epistemológico y didáctico nos permite identificar cuál es el problema que está en el origen de los conocimientos que deseamos que aprendan nuestros alumnos, los objetivos más concretos que debemos abordar y los obstáculos previsibles para su aprendizaje. Desde el primer momento, este estudio lo realizamos con una intención “problematizadora”, buscando las preguntas y respuestas esenciales para avanzar en el conocimiento de este campo. Simultáneamente vamos elaborando la estructura problematizada del tema, concretándola en un programa-guía de actividades para proponer a los alumnos en la clase. En el caso que nos ocupa, el *objetivo clave* ha sido:

Conseguir que los estudiantes -profesores en formación- se apropien de un modelo del Sistema Sol/ Tierra que les permita explicar las regularidades observables relacionadas con el movimiento del Sol (día/ noche; duración, altura, y separación salida/ puesta de sol) y realizar predicciones sobre observaciones locales y en otros puntos del planeta.

En cuanto al *problema que está en el origen de los conocimientos* podría formularse así:

¿Cómo deben moverse el Sol y/o la Tierra para explicar las regularidades observacionales diurnas que podemos realizar desde el lugar donde vivimos o desde cualquier otro punto del planeta?

Como objetivos más concretos (y obstáculos asociados) podemos mencionar:

1. Conocer las regularidades observacionales incluyendo su oscilación cíclica y simétrica y las relaciones entre ellas. Obstáculos asociados serían:

- Algunas ideas y fijaciones espontáneas (cuya fuente puede ser tanto social como académica) sobre las observaciones. Por ejemplo, las ideas erróneas sobre azimut y la elevación angular máxima (nunca han medido) en las distintas estaciones (creer que el Sol siempre sale por el Este y se pone por el Oeste, carácter “extremo” del verano y del invierno e “intermedio” de la primavera y el otoño, etc..)
- Inexperiencia en la realización de observaciones astronómicas y en el manejo de instrumentos para hacerlas (dibujar el horizonte, orientarse con la brújula, medir la altura del sol con un nomon, dibujar la trayectoria del sol en el día)

- Uso de definiciones estereotipadas sin referentes prácticos (por ejemplo: meridiano y paralelo, Ecuador, ..)

2. *Inventar un modelo que explique el día/noche, las estaciones y la duración del año.* Como ejemplo de obstáculos podemos mencionar

- Identificación de observaciones y explicaciones; de observaciones y modelos.
- Dificultades en la visión espacial y en dos dimensiones del modelo Por ejemplo, los dibujos y analogías deformados del sistema Sol/ Tierra, afectan a la representación de la luz solar, y hacen que la dibujen como haces divergentes, en vez de paralelos, cuando llegan a la Tierra.

3. *Utilizar el modelo gráficamente para realizar predicciones sobre lo que se observará en distintas latitudes en los días especiales (equinoccios y solsticios).* Como ejemplo de obstáculos tendríamos:

- Confusión entre las ideas acerca de lo que pasa en los polos y en los círculos polares.
- Limitaciones del modelo (no todo es tan perfecto, ¡jojo!: costó milenios y aún se investiga el movimiento del sistema Sol/ Tierra).

4. *Tomar conciencia de la influencia que tuvo en el pensamiento occidental la aceptación del modelo heliocéntrico.* Un obstáculo básico lo constituye la visión descontextualizada de la ciencia que transmite habitualmente la enseñanza.

En los gráficos siguientes se presenta, en primer lugar, la estructura básica de un tema y las cuestiones que centran el interés de los profesores para la elaboración del plan de investigación (figura 1) y a continuación la estructura problematizada del tema comentado (figura 2). Estas estructuras resultan muy útiles para la elaboración de recapitulaciones en distintas fases del tema por los alumnos y se concretan, como hemos indicado, en un “plan de investigación” o secuencia problematizada de actividades que son planteadas a los estudiantes quienes, en pequeños grupos, las resuelven y expresan los resultados obtenidos al resto de los grupos y al profesor, generando de manera sistemática situaciones de puesta en común que permiten aprender/ enseñar y evaluar en un ambiente hipotético-deductivo.

Figura 1. PREPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA GENERAL DE UN TEMA

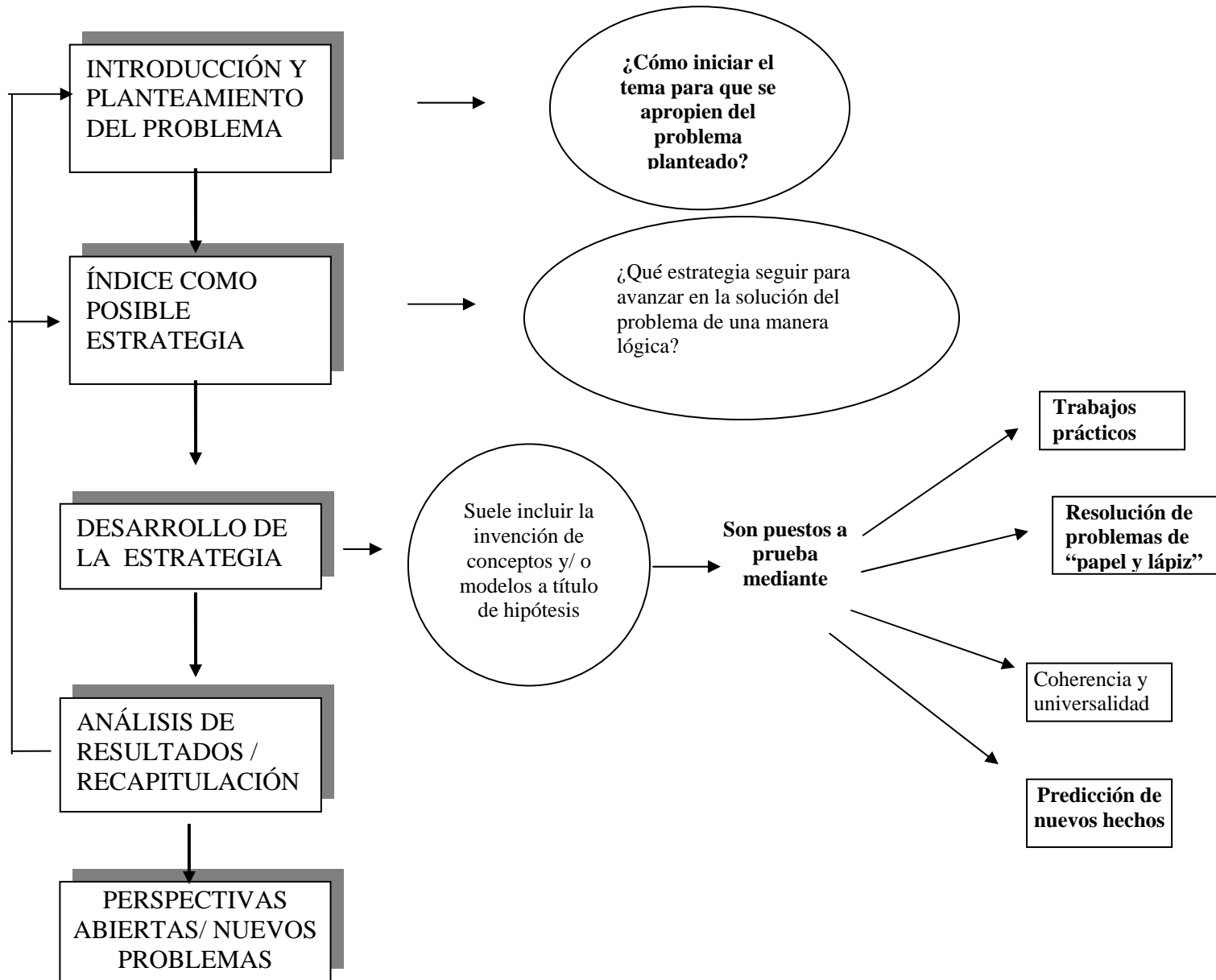
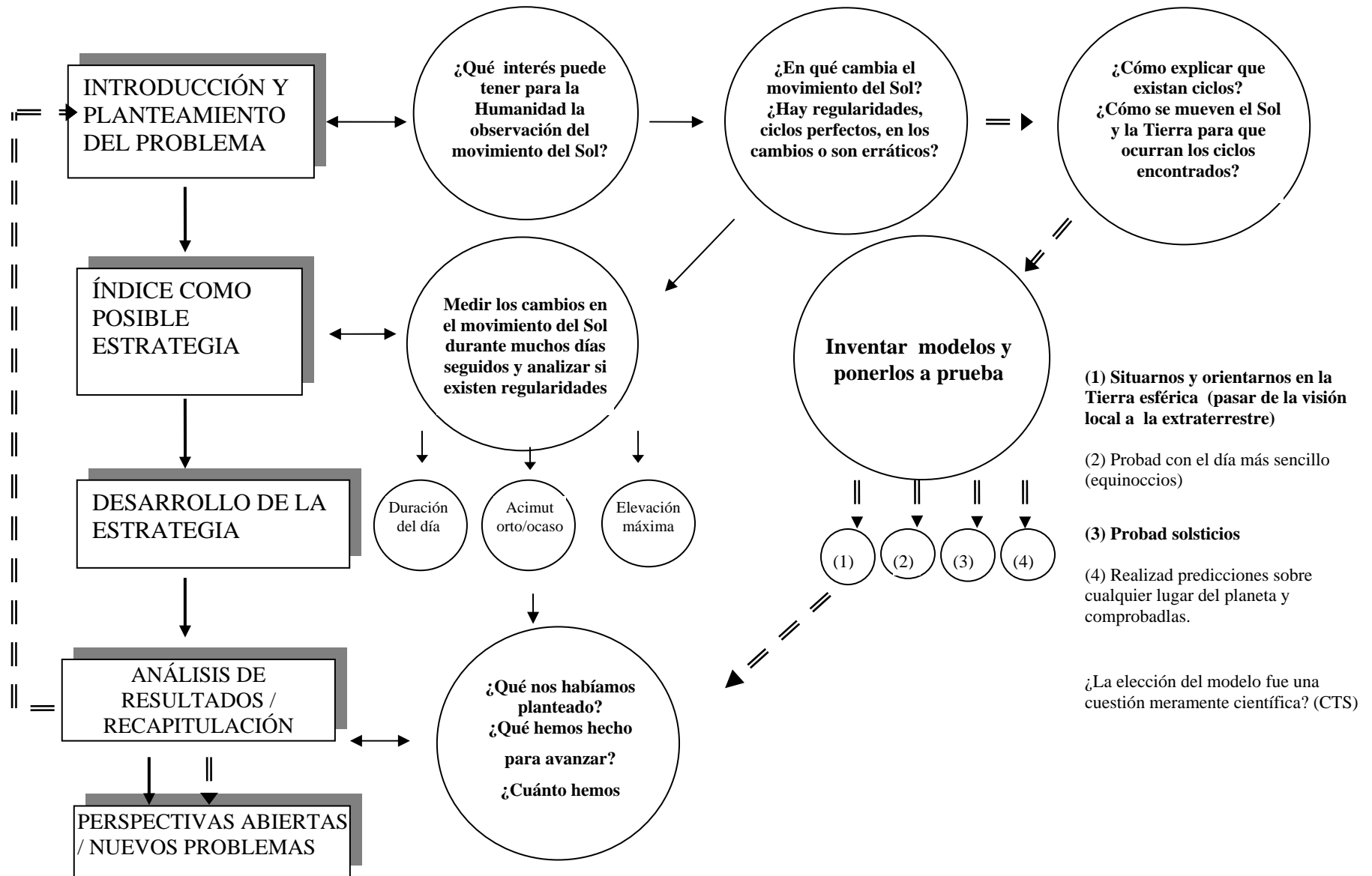


Figura 2. ESTRUCTURA PROBLEMATIZADA DEL TEMA “¿CÓMO SE MUEVEN EL SOL Y LA TIERRA? (INICIACIÓN A LA ASTRONOMÍA DIURNA)”. PARA ALUMNOS DE MAGISTERIO



A modo de ejemplo, presentamos únicamente algunas de las actividades (resumidas) que son abordadas por los alumnos en distintos momentos de la investigación dirigida (que cuenta con unas cuarenta actividades).

En el inicio del tema, para facilitar que los estudiantes se apropien del problema:

¿CÓMO SE MUEVEN EL SOL Y LA TIERRA? (INICIACIÓN A LA ASTRONOMÍA DIURNA)

Los movimientos del Sol, la Luna, y las estrellas han llamado la atención de los seres humanos desde tiempos remotos. Aunque en la vida actual la observación del cielo nocturno no es muy habitual (y la luz artificial hace difícil una observación cómoda en las ciudades), en la Antigüedad, cuando el contacto con la Naturaleza era mayor y la contaminación lumínica inexistente, dichos movimientos debieron atraer la atención y generar fascinación. En efecto, no sólo son movimientos omnipresentes sino que todos intuimos que aunque existen algunos cambios en ellos, se producen con una cierta regularidad asociada al clima que, a su vez, afecta al comportamiento de los seres vivos. Todos conocemos que determinados comportamientos o procesos de las plantas y los animales están relacionados con el clima.

A.1 Describid cambios que podríamos observar en el movimiento del Sol si lo siguiéramos durante muchos días.

La cuestión de si estas regularidades percibidas se producen con una periodicidad estricta o no, siempre de la misma manera, con el mismo ciclo, y si los cambios que observamos están relacionados entre ellos o no, fue una cuestión que interesó mucho hace más de 3000 años. De hecho, los primeros datos numéricos sobre un aspecto científico que se conocen son los relativos a las posiciones del Sol, la Luna, los planetas y las estrellas (Asiria, Babilonia, Caldea,..) y las primeras “plantas científicas” son observatorios astronómicos (como los de Stonehedge o los de las culturas precolombinas).

A.2 ¿Qué interés podría tener en aquella época el estudio de la regularidades observadas en el movimiento de los astros, como el Sol o la Luna?

Pero no sólo se trataba de un problema de interés práctico: desde tiempos también remotos, las observaciones y relaciones cuantitativas de las posiciones de los astros, han ido acompañadas de especulaciones sobre cómo era el “mecanismo” real de dichos movimientos, y qué es lo que hacía que los astros se movieran como lo hacen. En definitiva, cómo debían moverse las estrellas, el Sol y la Tierra para que se produjeran las regularidades y relaciones que se observan (es decir, se buscaba una explicación). El avance en este problema afectaba a la concepción del Universo y al “estatus” que la Tierra y el hombre jugaban en él, por lo que durante siglos este campo de estudio ha estado ligado a ideologías y religiones, y su evolución ha tenido una importante repercusión en el pensamiento occidental.

En este tema, vamos a plantear, pues, dos cuestiones:

1. ¿Cómo es el movimiento del Sol (nos limitaremos, para empezar, a la astronomía diurna)? ¿Los cambios que observamos en el movimiento del Sol se repiten periódicamente? ¿Lo hacen siguiendo una periodicidad estricta, matemática? ¿Existe relación entre dichos cambios u ocurren independientemente unos de otros?
2. ¿Podemos encontrar un modelo de Sistema Sol/ Tierra, es decir de cómo se mueven el Sol y la Tierra que explique conjuntamente las regularidades observacionales y las relaciones entre ellas?

En A.2, por ejemplo, los alumnos aluden a la importancia de conocer si existen ciclos que permitan “contar” el tiempo que falta para que se vuelvan a repetir determinados comportamientos de plantas y animales o climáticos, ya que permite planificar la época adecuada para la siembra y la cosecha, el momento de transhumancia de animales (para la caza), prever las provisiones necesarias para sobrevivir a períodos secos, etc. En definitiva, se ve la posibilidad e importancia de elaborar un calendario (el poder de los sacerdotes/ astrónomos o la edificación de observatorios astronómicos en la Edad de Piedra, queda, pues, justificado). Más aún, como se ve, desde ese momento se plantean los problemas en que vamos a centrar nuestro estudio y una posible estrategia (basada en una lógica problematizada) para avanzar en su solución (como se indica en la figura 2).

En el desarrollo de la estrategia para resolver el primero de los problemas, como se ve en la figura 2, se debe plantear el seguimiento de las posiciones de salida y puesta del Sol. Estas son algunas de las actividades que se les plantea a los alumnos en ese momento:

I.2. LOS CAMBIOS EN LA POSICIÓN DE SALIDA Y PUESTA DEL SOL

A.8 *Planificad cómo podríamos comprobar que el Sol no sale/se pone siempre por el mismo sitio y si existen regularidades en estos cambios.*

A.9 *Uno de los problemas que debemos resolver para llevar a cabo el plan previsto es indicar con precisión la posición de salida (orto) y de puesta (ocaso) del Sol en el horizonte. Pensad posibles formas de representar el horizonte de manera que podamos dibujar el orto y el ocaso.*

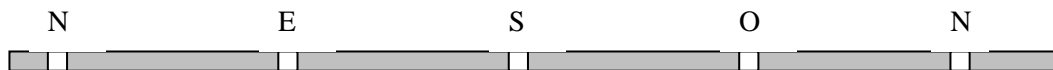
Como se habrá visto, observadores distintos tendrán horizontes naturales distintos por lo que las referencias a señales como montañas, edificios, ..., tienen grandes limitaciones. Necesitamos, pues, una referencia común para todos que nos permita dar la dirección del orto y el ocaso sin usar señales locales. ¿Conoces algún instrumento que nos pueda suministrar una referencia fija, a partir de la cual sea posible determinar la dirección en que se encuentra un objeto en el plano del horizonte? Efectivamente, la brújula –que debes aprender a utilizar– señala siempre una misma dirección (si está colocada horizontalmente) y sentido (al Norte) y nos permite medir el ángulo que forma una recta que pasa por nuestro ojo y el Norte y otra recta que pasa por nuestro ojo y el objeto o lugar que deseamos situar. A este ángulo se le llama *acimut* y está medido en el plano del horizonte del observador (no nos dice la “altura” del objeto sobre el horizonte).

No obstante, antes de la utilización de la brújula, se podían tomar unos ejes fijos en el plano del horizonte: la línea que contiene la sombra más corta de un palo vertical siempre es fija independientemente del día en que la obtengamos. A esta línea se le llama “línea meridiana”. El sentido de la sombra indica el Norte (geográfico) y el sentido hacia el Sol, el Sur. La línea perpendicular a ésta señala el Este (menor ángulo con el Norte) y el Oeste.

A.10 *Utiliza la brújula e indica las direcciones de acimut 0° , 90° , 180° , 270° , 360° . Dichas direcciones se llaman “puntos” cardinales. Indica el acimut que corresponde al NE, NW, SE, SW.*

Cuando los científicos se disponen a realizar mediciones dentro de una investigación ya tienen ideas previas sobre lo que cabe esperar que salga. Esto les permite tomar conciencia de anomalías o hechos llamativos que no suceden tal como esperaban y les obliga a reflexionar sobre lo que pensaban y, en ocasiones, a modificarlo.

A.11 Antes de realizar las mediciones con la brújula del orto y el ocaso conviene que representemos lo que creemos que vamos a encontrar: Dibuja en el horizonte de la figura por dónde crees que sale y se pone el Sol en el día de hoy y por dónde lo hará dentro de un mes.



A.12 Dibujar el horizonte natural en vista panorámica (360°) desde un lugar en que se pueda observar la salida y la puesta de sol, y utiliza la brújula para medir el acimut de ambas posiciones.

A.13 La siguiente tabla recoge mediciones del acimut de salida/ puesta del Sol en algunos días. Représentalos en una vista panorámica (como la de la A.11) y termina de rellenar la tabla (previéndolo qué pasará).

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

A.14 Representa gráficamente cómo cambian el acimut de salida/ puesta del Sol a lo largo del año. Señala, después, las diferencias con lo que creías anteriormente.

En este fragmento se puede advertir cómo los alumnos se ven, de un modo justificado, enfrentados a la necesidad de planificar un proceso cuidadoso de medición, cómo se busca y se introducen conceptos como acimut o “línea meridiana” porque es necesario para avanzar en el problema planteado. También puede observarse cómo los alumnos deben realizar predicciones basadas en sus intuiciones (A.11) o en su conocimiento, desarrollado anteriormente en el tema, de que existen ciclos en la *duración* de los días (en A.13). La A.14 genera una ocasión para que los alumnos revisen/ evalúen las ideas intuitivas confrontándolas con los resultados de *su* propia investigación (que no estaba dirigida a generar conflicto con dichas ideas, sino a resolver un problema de interés).

Como se refleja en la figura 2, una vez completado el desarrollo de la estrategia, es necesario recapitular, elaborar una síntesis de lo hecho. En este momento se les plantea a los alumnos actividades (algunas de ellas para realizar en casa) para orientar esta fase de toda investigación:

A.22 *Elaborad una tabla donde se recojan los ciclos en los tres aspectos del movimiento del Sol que hemos estudiado y sus relaciones.*

A.23 *Indicad cómo podrías asegurarte de en qué época del año te encuentras (con un margen de error de 10 días) mediante mediciones del movimiento del Sol.*

A.24 *Elabora una recapitulación problematizada en la que se recoja: ¿Cuál es el problema que hemos tratado y cuál era su interés? ¿Qué plan hemos seguido para su solución? ¿A qué conclusiones hemos llegado? ¿Qué vamos a hacer a continuación?.*

A.26 *Elaborad una lista de ideas sobre los aspectos tratados que han cambiado como fruto del trabajo realizado, indicando también las ideas que actualmente tienes.*

A.28 *Elaborad un mapa conceptual sobre lo tratado hasta aquí que empiece por :”Los cambios en el movimiento del Sol”.*

La invención de modelos, la elaboración de hipótesis, es una actividad básica en la ciencia. Los estudiantes, como se muestra a continuación, tienen ocasión de enfrentarse a este proceso de un modo sistemático, al abordar el segundo de los problemas planteados (ver figura 2):

II. ¿CÓMO SE MUEVEN EL SOL Y LA TIERRA PARA QUE OCURRAN LOS CICLOS QUE OBSERVAMOS? (La invención de un modelo Sol/ Tierra)

(...) Hubo una época en que se cambió de las interpretaciones mitológicas del movimiento de los astros, incluyendo el Sol, la Luna, las estrellas y los planetas, a la elaboración de hipótesis, de modelos, sobre sus movimientos. Es decir, se trató de inventar posibles movimientos que (aunque no fueran observables directamente) pudieran explicar las observaciones, las regularidades observadas.

Y eso es lo que vamos a hacer ahora: inventar un modelo sobre cómo se mueven el Sol y la Tierra. Por supuesto, nuestro modelo estará sujeto a la contrastación: será mejor en la medida en que podamos deducir a partir de él las observaciones que hemos hecho localmente, y en la medida que permita realizar predicciones sobre lo que debe ocurrir en situaciones distintas, nuevas, que podamos comprobar.

No obstante, no partiremos de cero. Daremos por sentado –aunque históricamente no fue algo fácil- que la Tierra es esférica aunque su superficie es tan grande que en nuestro campo de visión local parece plana. Supondremos también que tenemos acceso a todas las mediciones que se pueden realizar desde cualquier lugar de la Tierra sobre el movimiento del Sol (existen tablas muy antiguas –y programas informáticos- donde podemos encontrar los datos anuales en distintas ciudades).

Una posible estrategia para avanzar en la invención de este modelo, podría ser, pues, la siguiente:

1. Imaginaremos que podemos ver la Tierra y el Sol desde muy lejos (lo que facilita ampliar las posibilidades de movimiento del sistema Sol/Tierra)
2. “Colocaremos” (imaginariamente, con regla y compás y con un alfiler en una esfera de porspan) una persona en la Tierra esférica con los elementos necesarios para realizar las mediciones del movimiento del Sol (plano del horizonte, palo vertical, eje norte/ sur) y situaremos el sistema Sol/ Tierra en una posición en la que dicho observador obtendría los valores que *sabemos* que se obtienen en el lugar elegido (Alicante o un punto en el Ecuador, ...) en la hora y día en que todo ocurre más fácilmente: el mediodía de uno de los equinoccios. Si conseguimos eso, ese punto de la Tierra esférica corresponderá a Alicante (o el lugar elegido). Tendremos, pues, una correspondencia inicial entre nuestro modelo y un observador real local.
3. A partir de ahí, haremos “funcionar” el modelo, es decir, imaginaremos cómo se deberían mover el Sol y la Tierra, para que ocurriera lo que sabemos que ocurre en un día de equinoccio (cuando la duración del día es igual en todos los lugares del planeta).
4. Pondremos a prueba el funcionamiento del modelo, viendo si puede explicar lo que sabemos que ocurre en los solsticios. Y, si conseguimos esto ...
5. Realizaremos predicciones con el modelo de lo que ocurrirá en distintos puntos del planeta en los días singulares (equinoccios y solsticios), comprobándolas con los valores medidos directamente en dichos puntos.

Este último proceso – que no es fácil ni rápido - es una ocasión privilegiada para que los alumnos pongan a prueba sus “modelos mentales” (Greca y Moreira, 2000) sobre el sistema Sol/ Tierra exigiéndoles que cumplan condiciones estrictas que permiten el alejamiento de criterios espontáneos, parciales e implícitos, hasta conseguir apropiarse de un modelo científico.

Terminamos aquí esta breve –pero esperemos que suficiente- descripción de algunos fragmentos de la secuencia problematizada de actividades en que se concreta el plan de investigación.

Esta forma de trabajo en el aula genera un ambiente de aprendizaje en el que todos (profesor y alumnos) están comprometidos en el mismo objetivo: avanzar y resolver los problemas planteados. Ello no es posible, sin embargo, sin una profunda modificación de la evaluación, que ha de ser coherente con las innovaciones introducidas en el proceso de enseñanza/aprendizaje (Linn, 1987).

3. 4. La evaluación en una enseñanza por investigación

Es bien conocida la influencia de la evaluación en el comportamiento de alumnos y profesores y, también, en la probabilidad de éxito de las innovaciones curriculares (Novak, 1991; Linn, 1987; Zoller, 1999). Si el sistema de evaluación se limita a la calificación final del rendimiento de los alumnos en una prueba, ésta adquiere una gran trascendencia externa, convirtiéndose en el patrón que orienta el estudio y el aprendizaje de los alumnos. Esta

transcendencia de la evaluación afecta al desarrollo de la enseñanza, pues el profesor, se ve influido por las demandas sociales y de los propios alumnos que, lógicamente, desean que su actuación se ajuste “la máximo posible” a lo que se va a exigir en los exámenes. Los profesores e instituciones reaccionan proponiendo pruebas “lo más objetivas y asépticas posibles”, evitando toda actividad que pueda generar situaciones ambiguas, pensamiento divergente, etc., y fomentando, así, el desarrollo de destrezas intelectuales de bajo nivel (recordar, conocer, aplicar algoritmos...) (Alonso, Gil y Martínez Torregrosa, 1996; Tamir, 1998). El resultado suele ser la creación de una circularidad en que se enseña y estudia para los exámenes, convirtiéndose la evaluación en la dueña de la enseñanza y el aprendizaje, en vez de ser un instrumento que impulse a aprender y enseñar mejor, ajustando el curriculum a lo que puede ser trabajado con interés y provecho.

En cambio, ¿qué sentido tiene la evaluación en un aprendizaje por investigación?. El objetivo del mismo es avanzar en la resolución de problemas, y la evaluación constituye un instrumento esencial de orientación e impulso, para reflexionar y recapitular sobre los problemas planteados, la estrategia planificada, el avance conseguido en su desarrollo y la firmeza del mismo (analizando en qué medida es consistente lo que se ha aprendido, identificando y reafirmando “puntos débiles”, prestando atención a los obstáculos con la intención de superarlos, probando la capacidad predictiva de los conceptos, etc.). Y debe ser, al mismo tiempo, un instrumento para asegurar que se están creando en el aula oportunidades adecuadas para aprender conocimientos científicos (Martínez Torregrosa, Gil y Verdú, 1999).

Si la evaluación influye tanto en el comportamiento de profesores y alumnos debemos utilizar dicha influencia para que los resultados sean los mejores, analizando todos los aspectos del proceso de evaluación en que podamos influir y modificándolos en el sentido adecuado. Ello supone prestar atención, entre otros aspectos, al tipo de actividades que son objeto de evaluación y al tipo de aprendizaje que fomentan (favoreciendo las destrezas de alto nivel intelectual); a su influencia sobre las actitudes y la auto-regulación del aprendizaje de los alumnos (Jorba y Sanmartí, 1995); a la forma de valoración, para que sea indicadora de lo que se ha avanzado y de lo que falta por hacer y, sobre todo, para que oriente hacia el logro de un producto satisfactorio. En este sentido, la confección de un cuaderno de clase con recapitulaciones problematizadas, la realización de trabajos individuales o colectivos que son utilizados como referencia para el avance, las pequeñas pruebas sobre “aspectos difíciles” en algunas de las clases, la elaboración de memorias “reales” sobre trabajos prácticos... y la utilización de revisiones globales (“exámenes”) coherentes con la propuesta de enseñanza por

investigación, son algunas de las actividades que solemos utilizar en nuestras clases para la evaluación, sin olvidar que cada actividad realizada en clase por los alumnos constituye una ocasión para la evaluación y de que, en definitiva, se trata de lograr una plena confluencia entre las situaciones de aprendizaje y de evaluación (Pozo, 1992).

3.5. ¿En qué medida esta estructura favorece el aprendizaje significativo? ¿En qué medida favorece estudiantes autónomos y/o estratégicos?

A lo largo de varios años, nuestro grupo de investigación ha elaborado materiales para una enseñanza basada en la resolución de problemas. Durante ese tiempo, con la intención de probar en qué medida dicha forma de estructurar y desarrollar los temas y cursos favorece el aprendizaje de los conocimientos científicos (en su más amplio sentido), hemos obtenido datos de alumnos de niveles, asignaturas y profesores distintos. Los datos obtenidos, nos permiten afirmar que los alumnos universitarios que participan en asignaturas estructuradas como problemas:

1. Perciben que la estructura de los temas y cursos les ayuda a aprender.
2. Se apropian de las preguntas y problemas planteados y pueden valorar su avance con relación a los mismos, es decir, se sienten orientados.
3. Valoran muy positivamente la enseñanza problematizada recibida.

Una cuestión particularmente importante es ver en qué medida esta orientación favorece la “mayor autonomía de aprendizaje de los estudiantes”, que aparecía como objetivo básico del encuentro origen de este libro. Desde nuestro punto de vista, el desempeño de un estudiante universitario “autónomo y estratégico” debería ponerse en evidencia por algunas o todas de las siguientes características:

- Estar “orientado” en el campo de estudio, es decir, debe saber qué se busca, por qué y para qué.
- Capacidad de regulación, de decidir lo que sabe y lo que no sabe, de tomar conciencia de sus propias deficiencias y avances. Debe ser consciente de en qué medida ha avanzado en aquello que se buscaba.
- Ser capaz de justificar lo que piensa. Para este estudiante, aprender debe ser sinónimo de comprender, de poder justificar los conocimientos. En caso contrario ¿cómo va a ser autónomo? ¿cómo va a decidir que marcha en la buena dirección o que ha llegado a un producto satisfactorio?

- Saber cómo enfrentarse (metodológica y actitudinalmente) a situaciones problemáticas abiertas.

Entre los múltiples factores que pueden influir en la adquisición de esta estructura intelectual, hasta convertirla en una forma habitual de pensar y estudiar, nosotros nos hemos centrado en aquél que podemos controlar: la enseñanza. Desde nuestro punto de vista, una enseñanza/ aprendizaje que se organice en torno al planteamiento y solución de problemas, en un contexto hipotético/ deductivo, que favorezca un proceso de (re)construcción de conocimientos que se “inspire” en el de la investigación (poniendo en juego características esenciales del trabajo científico) favorece un aprendizaje “profundo” y suministra numerosas oportunidades para formar alumnos “estratégicos”.

Esta orientación del aprendizaje tiene exigencias formativas que abordaremos, para terminar, en el siguiente apartado, centrándonos en el caso de los profesores universitarios de las áreas científicas.

3.6. ¿Qué deben saber y saber hacer los profesores universitarios de ciencias?

Existe un acuerdo general en que el conocimiento *profundo* de la materia que se ha de impartir constituye un requisito imprescindible para una enseñanza de calidad. La investigación ha mostrado, en efecto, que la falta de dicho conocimiento dificulta muy seriamente que los profesores afectados puedan valorar correctamente los resultados de la enseñanza o participar en la elaboración de propuestas innovadoras (Tobin y Espinet, 1989). Pero es preciso ser conscientes de que un buen conocimiento de la materia va más allá de lo que suele impartirse en las facultades de ciencias y no se reduce a conocer los hechos, leyes y teorías que conforman el cuerpo de conocimientos científicos. Una educación científica como la practicada hasta aquí, tanto en Secundaria como en la misma universidad, centrada casi exclusivamente en los aspectos conceptuales, transmite una visión deformada y empobrecida de la actividad científica, que no solo contribuye a una imagen pública de la ciencia como algo ajeno e inasequible -cuando no directamente rechazable-, sino que está haciendo disminuir drásticamente el interés de los jóvenes por dedicarse a la misma (Matthews, 1994; Solbes y Vilches, 1997). La gravedad y la extensión de estas deformaciones ha sido puesta de relieve por numerosas investigaciones (Fernández et al., 2002). Cabe resaltar, además, que *esta enseñanza centrada en la recepción de contenidos conceptuales ya elaborados, dificulta,*

paradójicamente, el aprendizaje conceptual. En efecto, la investigación en didáctica de las ciencias, tanto en el campo de las preconcepciones como en el de los trabajos prácticos, la resolución de problemas, etc., ha mostrado que "los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la ciencia cuando participan en investigaciones científicas, con tal que haya suficientes oportunidades y apoyo para la reflexión" (Hodson, 1992). Dicho con otras palabras, esta investigación ha puesto de relieve que *la comprensión significativa de los conceptos exige superar el reduccionismo conceptual* y plantear la enseñanza de las ciencias como una actividad, próxima a la investigación científica, que integre los aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos (Duschl y Gitomer, 1991). Por tanto, un buen conocimiento de la materia para un docente, *tanto de Secundaria como de Universidad*, supone también, entre otros aspectos muy a menudo olvidados (Gil et al., 1991; Gil y Pessoa de Carvalho, 2000):

- Conocer los problemas que originaron la construcción de dichos conocimientos y cómo llegaron a articularse en cuerpos coherentes, evitando así visiones estáticas y dogmáticas que deforman la naturaleza del conocimiento científico. Se trata, en definitiva, de conocer la historia de las ciencias, no sólo como un aspecto básico de la cultura científica general que un profesor precisa sino, primordialmente, como una forma de *asociar los conocimientos científicos con los problemas que originaron su construcción* (Matthews, 1994), sin lo cual dichos conocimientos aparecen como construcciones arbitrarias (Otero, 1985). Se puede así, además, *conocer cuales fueron las dificultades, los obstáculos epistemológicos* (Bachelard, 1938) que hubo que superar, lo que constituye una ayuda imprescindible para comprender las dificultades de los alumnos (Saltiel y Viennot, 1985) y también cómo evolucionaron dichos conocimientos y como llegaron a articularse en cuerpos coherentes, evitando así visiones estáticas y dogmáticas que deforman la naturaleza del trabajo científico (Fernández et al., 2002).
- Conocer y *utilizar* en la docencia impartida las estrategias empleadas en la construcción de los conocimientos, contribuyendo así a familiarizar a los estudiantes con la forma en que los científicos se plantean y tratan los problemas, las características más notables de su actividad, los criterios de validación y aceptación de las teorías científicas... Haciendo posible su participación en la reconstrucción de los conocimientos, a partir de problemas de interés, como forma más efectiva de aprendizaje (Gil Pérez et al., 2002) y más adecuada, muy particularmente, para el nivel universitario (Martínez Torregrosa, Gil Pérez y Bernat, 2003).

- Conocer, en particular, las interacciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) asociadas a la construcción de conocimientos (Membiela, 2001), sin ignorar el carácter a menudo conflictivo del papel social de las ciencias y la necesidad de la toma de decisiones (Aikenhead, 1985). Ello resulta esencial para dar una imagen correcta de la ciencia. En efecto, el trabajo de los hombres y mujeres de ciencia -como cualquier otra actividad humana- no tiene lugar al margen de la sociedad en que viven y se ve afectado, lógicamente, por los problemas y circunstancias del momento histórico, del mismo modo que su acción tiene una clara influencia sobre el medio físico y social en que se inserta. Señalar esto puede parecer superfluo; sin embargo, la idea de que hacer ciencia es poco menos que encerrarse en una torre de marfil -"en el mundo de los libros", etc- desconectando de la realidad, constituye una imagen tópica muy extendida y a la que la enseñanza lamentablemente contribuye –particularmente en el nivel universitario- con su reducción a la transmisión de contenidos conceptuales y, a lo sumo, entrenamiento en alguna destreza, pero dejando de lado los aspectos históricos, sociales,... que enmarcan el desarrollo científico (Solbes y Vilches, 1997). Esta atención a las relaciones CTSA es hoy más necesaria que nunca para contribuir a formar ciudadanos y científicos conscientes de la situación de emergencia planetaria y preparados para la toma de decisiones fundamentadas para hacerle frente (Vilches y Gil, 2003). Ésa es la razón por la que Naciones Unidas ha instituido una Década de la educación por un futuro sostenible (2005-2014), que constituye un llamamiento a los educadores de todos los niveles y áreas para que contribuyamos al logro de un futuro sostenible (ver www.oei.es/decada).
- Conocer los desarrollos científicos recientes y sus perspectivas, para poder transmitir una visión dinámica, no cerrada, de la ciencia. En el mismo sentido, es preciso adquirir conocimientos de otras materias relacionadas, para *poder abordar los "problemas-frontera", las interacciones entre los distintos campos y los procesos de unificación*, que constituyen momentos cumbre del desarrollo científico. Se puede así evitar la imagen a menudo proporcionada y justamente criticada de las distintas materias como compartimentos estancos.

Como señala Linn (1987), este conocimiento profundo de la materia, superador de los habituales reduccionismos, es central para una enseñanza eficaz y en modo alguno puede considerarse que forme parte de la preparación estándar de los profesores, incluidos los universitarios. Se trata de una dimensión de la formación que reclama, pues, un especial esfuerzo, pero que puede proporcionar también notables satisfacciones a los profesores (que ven

enriquecer su actividad como docentes con nuevas perspectivas) y, por supuesto, a sus estudiantes, que adquieren así una visión de la ciencia como actividad abierta y creativa que resulta, además, más ajustada a la realidad.

Por otra parte, las necesidades formativas de los profesores de materias científicas no se limitan, hemos de insistir, a este conocimiento en profundidad de la disciplina, sino que incluyen muchos otros conocimientos específicos de la docencia y, en primer lugar, como ya hemos expuesto en el capítulo anterior, es preciso resaltar el papel esencial que juegan (o, mejor dicho, habrían de jugar) en dicha formación el conocimiento y análisis crítico del pensamiento docente espontáneo (Cronin-Jones, 1991; Briscoe, 1991; Porlán, 1993; Bell, 1998). Ello permite romper con concepciones simplistas de la docencia y comprender la necesidad de familiarizarse con el cuerpo de conocimientos que la investigación ha ido construyendo en torno a los problemas que plantea el proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias (Gabel, 1994; Fraser y Tobin, 1998; Perales y Cañal, 2000). Un cuerpo de conocimientos que empieza a incorporar aportaciones específicas para el nivel universitario como las que suponen el diseño de programas adecuados de actividades para que la enseñanza/aprendizaje deje de ser un proceso de mera transmisión/recepción.

Terminaremos recordando que la educación, y en particular la educación superior, se encuentra inmersa en un proceso que, como se señala en el *Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI* (Delors, 1996), ha de extender la formación al conjunto de la ciudadanía a lo largo de toda la vida, para hacer posible una sociedad sostenible. Para ello resulta imprescindible una profunda transformación de los contenidos y estrategias de la educación, en la que hemos de participar todos los educadores, de todos los niveles y ámbitos educativos, junto al resto de la sociedad. Y es en ese marco auténticamente revolucionario de *Educación para la Sostenibilidad* en el que debemos contemplar las necesarias transformaciones de la docencia universitaria, respondiendo así a los llamamientos de Naciones Unidas para contribuir a que la ciudadanía adquiriera una adecuada visión de los graves problemas a que se enfrenta hoy la humanidad y las necesarias medidas que se requiere adoptar (Vilches y Gil, 2003).

Referencias bibliográficas en este capítulo 3

- AIKENHEAD, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69(4), 453-475.
- ALONSO, M.; GIL, D. y 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
- BACHELARD, G. (1938). *La Formation de L'esprit scientifique*. Paris: Vrin.

- BELL, B. (1998). Teacher development in science education. En Fraser, B. J. y Tobin, K. G (Eds). *International Handbook of Science Education*, Kluber: Dordrecht.
- BENCZE, L. y 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: Black, P.; Drake, G. y Jossem, L. (ed.) *GIREP 2000. Physics as it Enter a New Millenium*. (pp 80-85).
- 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. y LINN, M. (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction?, *International Journal of Science Education*, 13 (3), 227-241.
- 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. y JIMÉNEZ, M. P. (1999). Aprender ciencias, hacer ciencias: resolver problemas en clase. *Alambique*, 20, 9-16.
- DRIVER, R. y OLDHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- DRIVER, R., NEWTON, P. y OSBORNE, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *International Journal of Science Education*, pp. 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. y 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. y PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- FRASER, B. y TOBIN, K. G. (Eds.) (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.
- FURIÓ, C. y GUIASOLA, 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, D., CARRASCOSA, J., DUMAS-CARRÉ, A., FURIÓ, C., GALLEGO, R., GENÉ, A., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., PESSOA, A.M., SALINAS, J., TRICÁRICO, H. y 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. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- GIL, D., FURIÓ, C., VALDÉS, P., SALINAS, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., GUIASOLA, J., GONZÁLEZ, E., DUMAS-CARRÉ, A., GOFFARD, M. y 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., GUIASOLA, J., MORENO, A., CACHAPUZ, A., PESSOA, A., MARTÍNEZ, J., SALINAS, J., VALDÉS, P., GONZÁLEZ, E., GENÉ, A., DUMAS, A., TRICÁRICO, H. y GALLEGO, R. (2002). Defending constructivism in science education, *Science & Education*, 11, 557-571.
- GIL, D. y MTNEZ-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. y 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.
- GRECA, I. Mª y MOREIRA, M. A. (2000). Mental Models, conceptual models, and modelling, *International Journal of Science Education*, 22 (1) pp 1-11.
- 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.
- JORBA, J. y 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: chalenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (3), 191-216.

- MARTÍNEZ TORREGROSA, J., GIL, D. y 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 U. de Zaragoza.
- MARTÍNEZ TORREGROSA, J., GIL PÉREZ, D. y BERNAT, S. (2003). La universidad como nivel privilegiado para un aprendizaje como investigación orientada. En Monero, C. y Pozo, J. I. (2003). *La Universidad ante la nueva cultura educativa*, Barcelona: Editorial Síntesis.
- MATTHEWS, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual, *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255-277.
- 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. y 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. y CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las Ciencias: Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias*. Alcoy: Marfil.
- 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 Coll, C.; Pozo, J. I. et al (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.
- SALTIEL, E. y 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.
- SOLBES, J. y 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: Fraser B.J. y Tobin K.G (Eds.) *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.
- TOBIN, K. y ESPINET, M. (1989). Impediments to change: applications of coaching in high school science teaching, *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (2), 105-120.
- VILCHES, A. y GIL, D. (2003). *Construimos 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.

Referencias bibliográficas en el conjunto del libro

- AIKENHEAD, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69(4), 453-475.
- ALONSO, M., GIL, D. y 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. y 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. y 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*. Paris: 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. y 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 (Ed.), *GIREP 2000. Physics as it Enter a New Millenium*. (pp 80-85).
- 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. y 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. y 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. y JIMÉNEZ, M. P. (1999). Aprender ciencias, hacer ciencias: resolver problemas en clase. *Alambique*, 20, 9-16.
- DRIVER, R. y OLDHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- DRIVER, R., NEWTON, P. y OSBORNE, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *International Journal of Science Education*, 84, 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. y 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. y PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- FRASER, B. y TOBIN, K. G. (Eds.) (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.
- FURIÓ, C. y GUIASOLA, 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. y VILCHES, A. (2008). ¿Qué deben saber y saber hacer los profesores Universitarios?. En Varios autores (2008), *Novos enfoques no ensino universitario* (pp. 25-43).
- GIL, D. y 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. y 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. y 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. y 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. y 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*. Alcoy: Marfil. Capítulo 1.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., DUMAS-CARRÉ, A., FURIÓ, C., GALLEGO, R.; GENÉ, A., GONZÁLEZ, E., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., PESSOA, A. M., SALINAS, J., TRICÁRICO, H. y 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. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Horsori: Barcelona.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- GIL, D., FURIÓ, C., VALDÉS, P., SALINAS, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., GUIASOLA, J., GONZÁLEZ, E., DUMAS-CARRÉ, A., GOFFARD, M. y 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. y 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., GUIASOLA, J., MORENO, A., CACHAPUZ, A., PESSOA, A., MARTÍNEZ, J., SALINAS, J., VALDÉS, P., GONZÁLEZ, E., GENÉ, A., DUMAS, A., TRICÁRICO, H. y GALLEGO, R. (2002). Defending constructivism in science education. *Science & Education*, 11, 557-571.
- GRECA, I. M^a y MOREIRA, M. A. (2000). Mental Models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22 (1), 1-11.
- GUIASOLA, J., ALMUDÍ, J. M. y 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. y 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. y 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. y 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. y 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. y CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las Ciencias: Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias*. Alcoy: Marfil.

- PESSOA DE CARVALHO, A. y GIL, D. (2006). *Formação de Professores de Ciências. Tendências e inovações*. São Paulo: Cortez Editora: 8ª Edición.
- 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 al. (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.
- POZO, J. I. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia 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. y JACOBSON, L. (1968). *Pigmalion in the classroom*. New Jersey: Rinehart and Winston.
- SALTIEL, E. y 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 al. (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. y 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 y K. G. Tobin (eds), *International Handbook of Science Education*. London: Kluber Academic Publishers.
- TOBIN, K. y 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. y 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.