

EL CAMBIO DEL PROFESORADO DE CIENCIAS II: ITINERARIOS DE PROGRESIÓN Y OBSTÁCULOS EN ESTUDIANTES DE MAGISTERIO

PORLÁN, RAFAEL¹; MARTÍN DEL POZO, ROSA²; RIVERO, ANA¹; HARRES, JOAO³; AZCÁRATE, PILAR⁴
y PIZZATO, MICHELLE⁵

¹ Universidad de Sevilla

² Universidad Complutense de Madrid

³ Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul, Brazil

⁴ Universidad de Cádiz

⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (Brasil)

rporlan@us.es

rmartin@edu.ucm.es

arivero@us.es

joao.harres@puers.br

pilar.azcarate@uca.es

mipizzato@hotmail.com

Resumen. En este trabajo, segundo de una serie de dos, se presenta el progreso y los obstáculos que experimentan cinco equipos de estudiantes de Magisterio al participar en asignaturas basadas en el modelo *Formación de Profesores para Investigar la Práctica* (FOPIP), de orientación constructivista, y en el curso CAIC (*Concepciones de los Alumnos e Innovación Curricular*). Las categorías analizadas fueron: ideas de los alumnos, contenidos escolares y metodología de enseñanza de las ciencias. Para el análisis se formularon tres niveles de progresión, que fueron reformulados y ampliados a la luz de los datos, dando lugar a *Itinerarios Generales de Progresión*. Los resultados sugieren dos obstáculos de fondo: *las ideas de los alumnos no tienen valor epistémico y el conocimiento científico representa verdades absolutas*. Los equipos dieron pruebas de haber superado el primero pero no el segundo.

Palabras clave. Conocimiento profesional, concepciones de los profesores, ideas de los alumnos, contenidos, metodología, constructivismo, itinerarios de progresión, obstáculos.

Science Teacher Change II: Itineraries of Progression and Obstacles in Prospective Primary Teachers

Summary. This paper, the second in a series of two, presents the progress and obstacles experienced by five teams of prospective primary education teachers who participated in courses based on the constructivist-oriented model «Teacher Education for Inquiry into Practice (FOPIP)», and in the «Students' Conceptions and Curricular Innovation (CAIC)» course. The categories analyzed were: the students' ideas, school science content, and the methodology of Science Teaching. For the analysis, three levels of progression were proposed and then reformulated and expanded in the light of the data, resulting in General Itineraries of Progression. The results were suggestive of two substantive obstacles: the students' ideas have no epistemological value, and scientific knowledge represents absolute truths. There was evidence that the teams had surpassed the first obstacle, but not the second.

Keywords. Professional knowledge, teachers' conceptions, students' ideas, content, method, Constructivism, itineraries of progression, obstacles.

INTRODUCCIÓN

Como grupo de investigación en la formación del profesorado de ciencias, hemos desarrollado una línea de trabajo basada en el modelo *Formación de Profesores para Investigar la Práctica* (FOPIP) (ya descrito en el artículo anterior de esta serie), y que se centra en tres problemas básicos:

- a) El estudio de las concepciones didácticas y epistemológicas de los profesores (Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1998; Porlán et al., 1998; Martín del Pozo y Porlán, 2001; Porlán y Martín del Pozo, 2002, 2004 y 2006).
- b) La caracterización del *Conocimiento Práctico Profesional* (CPP) (Porlán et al., 1996, 1998; Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997; Porlán y Rivero, 1998; y Harres et al., 2005).
- c) La experimentación de propuestas formativas de orientación constructivista favorecedoras del CPP. Tal es el caso del curso descrito en el artículo anterior, *Concepciones de los alumnos e Innovación Curricular* (CAIC), basado en la investigación de *Problemas Prácticos Profesionales* (PPP) (Porlán y García, 1992; Porlán et al., 1998; Porlán y Rivero, 1998; Martín del Pozo y Rivero, 2001; Porlán y Martín del Pozo, 2006; y Pizzato y Harres, 2007).

En los últimos años, nos hemos centrado en el estudio de las progresiones y los obstáculos de los futuros profesores y de profesores en activo en relación con los PPP.

En el artículo anterior (Porlán, R.; Martín del Pozo, R.; Rivero, A.; Harres, J.; Azcárate, P. y Pizzato, M., 2010) presentamos el marco teórico y formativo general que ha servido de referencia para nuestro trabajo. En el caso de este artículo el objetivo es presentar los resultados de un estudio concreto, y por tanto limitado, sobre la progresión de cinco equipos de estudiantes de Magisterio en relación con tres PPP que consideramos esenciales: *las ideas de los alumnos* (naturaleza, cambio, detección y análisis), *los*

contenidos escolares (fuentes, tipos, relaciones, niveles y presentación) y *la metodología de enseñanza de las ciencias* (concepto, actividades, secuencias y recursos).

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Muestra y contexto

La muestra está constituida por cinco casos (A, B, C, D y E). En los cuatro primeros se han investigado los tres PPP señalados y en el quinto sólo el de la *metodología*. Los casos son equipos de trabajo de cuatro a seis estudiantes integrados en cursos de formación inicial de profesores, bien en el ámbito de la enseñanza de las ciencias (A, B, C y D) bien en el de las matemáticas (E). Cada equipo fue seleccionado al azar y pertenecía a asignaturas distintas, con profesores y contextos diferentes. Las asignaturas seguían el modelo formativo FOPIP y las actividades del curso CAIC, de 40 horas de duración (Tabla 1).

El CAIC se basa en el tratamiento didáctico de las ideas de los alumnos y en cómo esto influye en el cambio de los contenidos y la metodología de enseñanza. Como señalan diferentes autores, ésta parece ser una estrategia que facilita el cambio de las concepciones de los futuros profesores y la ruptura con el modelo tradicional (Jones, Carter y Rua, 1999; Meyer et al., 1999; Morrison y Lederman, 2003). En los PPP que se abordan en el curso (I. *¿Qué ideas tienen los alumnos sobre algunos contenidos escolares de ciencias?, ¿cómo detectarlas y analizarlas?* II. *¿Qué contenidos programar teniendo en cuenta dichas ideas?* y III. *¿Qué secuencia de actividades puede favorecer que evolucionen?*) se trabaja cíclicamente con tres momentos formativos: inicial (para tomar conciencia del problema y elaborar los puntos de vista de los participantes), intermedio (para provocar contraste y reflexión argumentada) y final (para reelaborar los puntos de vista iniciales). Las actividades y los recursos formativos pueden consultarse en el primer artículo de la serie.

Tabla 1
Muestra y contexto.

CASO CASO	UNIVERSIDAD	ESTUDIOS	ASIGNATURA	TEMÁTICA
A A	Complutense de Madrid (España)	Maestro de Primaria	Concepciones de los alumnos sobre la ciencia	Reproducción humana
B B	Sevilla (España)	Maestro de Educación Especial	Didáctica y adaptaciones curriculares en el área de Conocimiento del Medio	Los animales
C C	UNIVATES (Lajeado, Brasil)	Maestro de Ciencias	Laboratorio de Enseñanza de las Ciencias I	Ácidos y bases
D	Sevilla (España)	Maestro de Primaria	Ciencias de la Naturaleza y su Didáctica	La Tierra y el Universo
E E	Cádiz (España)	Maestro de Primaria	Desarrollo del pensamiento matemático y su didáctica	Los polígonos

Durante el curso, cada equipo detectó las ideas de 50 alumnos (de hasta 12 años en España y 14 en Brasil) sobre un tema de ciencias (Tabla 1), formuló los contenidos atendiendo a los resultados obtenidos y diseñó una secuencia de actividades para abordarlos. Finalmente, sometió a crítica su propuesta con el resto de los participantes y realizó actividades metacognitivas sobre el modelo de aprendizaje profesional seguido y su posible generalización al tratamiento autónomo de otros problemas prácticos..

Problema de investigación

El problema de investigación se planteó como sigue: *¿Cómo progresan las concepciones de diversos equipos de profesores en formación en relación con las ideas de los alumnos, los contenidos y la metodología cuando participan en un curso de orientación constructivista (y qué obstáculos aparecen)?* Somos conscientes de que este estudio concreto no aborda la puesta en práctica en situaciones de aula de las nuevas concepciones. Razones de contexto no lo han hecho posible, aunque en la actualidad trabajamos en ello.

Para cada una de las tres categorías seleccionadas (ideas de los alumnos, contenidos y metodología), se establecieron varias subcategorías formuladas en tres *niveles de progresión*: uno que refleja nuestra previsión sobre las concepciones de los participantes al inicio (*Nivel de partida*, N1); otro que describe las concepciones que esperábamos al final (*Nivel posible*, N2), teniendo presente el tiempo disponible y siguiendo la recomendación de Flores y otros (2000) de moderar las expectativas en los programas de formación; y un tercero que actúa como referencia teórica (*Nivel de referencia*, N3) y que alude a lo que consideramos deseable. Este sistema de categorías es el resultado de un proceso de reflexión basado en nuestra experiencia como formadores, en los modelos didácticos y formativos en los que venimos trabajando y en el contraste con los primeros datos empíricos (Porlán et al., 1996, 1998; Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997; Porlán y Rivero, 1998; Harres et al., 2005). En las tablas 3, 4 y 5 se presenta el sistema de categorías incluyendo también, en negritas y cursiva, los niveles *intermedios* o *iniciales* nuevos que hemos formulado a partir del análisis de todos los datos obtenidos.

Instrumentos y técnicas de análisis

Durante los cursos, en cada PPP se obtuvieron datos en los momentos inicial, intermedio y final. Los equipos, previo trabajo individual, elaboraron dos tipos de documentos escritos: las *producciones libres*, abiertas y sin restricciones (Docs. 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10 y 12), y los *guiones de reflexión*, que son cuestionarios de preguntas abiertas que orientaron la discusión y la toma de decisiones (Doc. 2, 5, 8 y 11). En la tabla 2 se indican estos documentos en relación con la secuencia formativa.

En este estudio, al igual que en otros (Peterson y Treagust, 1998; Tillema, 2000; Watters y Ginns, 2000; Osborne y Collins, 2001; Tillema y Van der Westhuizen,

2006; Zellermyer y Tabak, 2006), la unidad de análisis es el equipo, entre otras razones porque consideramos que la dimensión colectiva es esencial en la producción de conocimientos profesionales.

Para el tratamiento de los datos se ha seguido el siguiente procedimiento:

- a) Identificación de *unidades de información significativas* en las producciones escritas.
- b) Clasificación de las mismas en la categoría y subcategoría correspondiente.
- c) Formulación de *proposiciones de síntesis* (PS) integrando las diferentes unidades de una misma subcategoría, momento formativo y caso.
- d) Validación de las categorizaciones e integraciones a través de un proceso de triangulación en el que cada caso fue revisado por dos investigadores. Hubo un índice de concordancia de más del 90% en todos los casos. Las divergencias fueron abordadas buscando un consenso.

El análisis de los datos ha incluido los pasos que se describen a continuación:

- a) Ubicación de las PS en los niveles de progresión previstos (N1, N2 y N3), reformulando dichos niveles cuando ha sido necesario y definiendo, en su caso, niveles intermedios (N01, N12 y N23) para recoger mejor la diversidad presente en los datos (Tablas 3, 4 y 5).
- b) En cada subcategoría, definición de los obstáculos que parecen estar presentes en la muestra y su relación con las actividades formativas.
- c) Por último, en cada categoría, integración de los niveles de similar complejidad de todas las subcategorías en *niveles generales de progresión* y formulación de los *obstáculos generales* asociados, dando lugar a *Itinerarios Generales de Progresión*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas 6, 7 y 8 se señala el nivel de progresión en que se ubican las PS formuladas para cada equipo en el momento inicial, intermedio y final de los cursos. Cada tabla se refiere a una de las categorías del estudio. A continuación, expondremos y discutiremos los resultados más relevantes.

Categoría 1: Ideas de los alumnos

La tabla 6 presenta los resultados de las subcategorías relativas a las ideas de los alumnos. Para comentarlos los organizaremos en tres grupos: uno relacionado con la naturaleza y el cambio (subcategorías 1.1 y 1.2); otro con el instrumento para detectar las ideas (1.3 a 1.9) y un tercero relacionado con la metodología de análisis de las respuestas (1.10 a 1.12).

Tabla 2
Actividades y fuentes de datos.

PPP		MOMENTO INICIAL	MOMENTO INTERMEDIO	MOMENTO FINAL
I. ¿Qué ideas tienen los alumnos sobre algunos contenidos escolares de ciencias?	SECUENCIA	A.1. Elaborar la primera versión del cuestionario A.4. Realizar un estudio piloto	A.2. Conocer y debatir aportaciones de la investigación didáctica A.5. Conocer y debatir aportaciones de la investigación didáctica	A.3. Elaborar la segunda versión del cuestionario A.6. Analizar las respuestas a los cuestionarios
	FUENTES DE DATOS	Primera versión del cuestionario (Doc. 1) Estudio piloto (Doc. 4)	Guión de reflexión: ¿Cómo elaborar un cuestionario para conocer las ideas de los alumnos? (Doc. 2) Guión de reflexión: ¿Cómo analizar las ideas de los alumnos para qué? (Doc. 5)	Segunda versión del cuestionario (Doc. 3) Estudio completo de todos los cuestionarios (Doc. 6)
II. ¿Qué contenidos programar teniendo en cuenta las ideas de los alumnos?	SECUENCIA	A.7. Elaborar una propuesta de contenidos	A.8. Conocer y debatir aportaciones de la investigación didáctica	A.9. Elaborar la segunda propuesta de contenidos
	FUENTES DE DATOS	Primera propuesta de contenidos (Doc. 7)	Guión de reflexión: ¿Qué contenidos enseñar? (Doc. 8)	Segunda propuesta de contenidos (Doc. 9)
III. ¿Qué actividades pueden favorecer que evolucionen las ideas de los alumnos?	SECUENCIA	A.10. Elaborar la primera versión del plan de actividades	A.11. Conocer y debatir aportaciones de la investigación didáctica	A.12. Elaborar la segunda versión del plan de actividades
	FUENTES DE DATOS	Primera versión del plan de actividades (Doc. 10)	Guión de reflexión: ¿Qué plan de actividades elaborar? (Doc. 11)	Segunda versión del plan de actividades (Doc. 12)

Tabla 3
Subcategorías, niveles previstos (N1, N2 y N3) y detectados (N12 y N23) en el estudio de la progresión de las concepciones sobre las ideas de los alumnos.

1. IDEAS DE LOS ALUMNOS SUBCATEGORÍAS	NIVELES DE COMPLEJIDAD DE LAS CONCEPCIONES				NIVEL DE REFERENCIA N3
	NIVEL DE PARTIDA N1	NIVEL INTERMEDIO DETECTADO N12	NIVEL POSIBLE N2	NIVEL INTERMEDIO DETECTADO N23	
1.1. Naturaleza de las ideas de los alumnos.	Las ideas de los alumnos se identifican con lo que recuerdan de la enseñanza recibida. No se consideran las ideas espontáneas.	<i>Las ideas de los alumnos se identifican tanto con las ideas espontáneas como con las académicas.</i>	Se diferencian entre las ideas académicas y las espontáneas, teniendo estas últimas componentes comunes e idiosincráticas y con ciertas características (resistentes, erróneas...).	<i>En los alumnos pueden coexistir ideas académicas y espontáneas diferentes para un mismo contenido.</i>	Las ideas espontáneas son conocimientos alternativos al conocimiento disciplinar, que las personas usan habitualmente a lo largo de su vida; de ahí su importancia epistemológica.
1.2. Cambio de las ideas de los alumnos.	Las ideas de los alumnos cambian por incorporación y adición de nuevas informaciones escolares.		Las ideas de los alumnos cambian por sustitución (más o menos gradual) de las ideas propias por las nuevas informaciones escolares a través de un cierto proceso de interacción.	<i>Las ideas de los alumnos cambian por integración de las nuevas informaciones en sus esquemas mentales.</i>	Las ideas de los alumnos cambian por reelaboración progresiva de las ideas propias en interacción con las nuevas informaciones escolares.
1.3. Lenguaje utilizado.	No apropiado para la edad de los alumnos (inaccesible, adulto, técnico, académico, etc.).		Se mezcla un lenguaje apropiado para la edad de los alumnos con otro que no lo es.		Apropiado para la edad de los alumnos (accesible, próximo, cotidiano, etc.).
1.4. Forma de preguntar.	Directa.		Se mezclan preguntas directas e indirectas (a través de situaciones, ejemplos, imágenes, etc.).		Indirecta (a través de situaciones, ejemplos, imágenes, etc.).
1.5. Contenido de la pregunta.	El contenido se relaciona con datos, nombres, definiciones estándar, etc.		El contenido se relaciona con datos, nombres, definiciones estándar, etc. y también con significados.	<i>El contenido se relaciona mayoritariamente con significados.</i>	El contenido se relaciona con significado.
1.6. Nivel de organización de la realidad a la que se refiere la pregunta.	Macrocósmos, microcósmos y lo no comúnmente perceptible (de forma directa o a través de los medios de comunicación de masas).		Mesocósmos y lo no directamente perceptible por el alumno.		Mesocósmos y de percepción habitual y/o de relación del mesocósmos con los niveles más próximos del micro y macrocósmos.
1.7. Respuesta buscada.	Predominantemente cerradas.		Preguntas abiertas y cerradas.		Predominantemente abiertas.
1.8. Recurso comunicativo.	Sólo texto y muchas preguntas.		Sólo texto y un número razonable de preguntas o dibujos, personajes, etc. y muchas preguntas.		Textos, dibujos, esquemas, personajes, etc., con un número razonable de preguntas.
1.9. Demanda intelectual que la respuesta requiere.	Respuestas poco elaboradas (recordar, rellenar, señalar, etc.).		Se mezclan preguntas que requieren respuestas elaboradas y poco elaboradas.	<i>Respuestas mayoritariamente elaboradas.</i>	Respuestas elaboradas (relacionar, reflexionar, etc.).
1.10. Selección y organización de las preguntas.	Sin criterios de selección y organización explícitos.		Se manifiesta algún criterio de selección (psicológico, pedagógico, científico, etc.) y cierta organización explícita.		Se manifiestan criterios de selección diversos y una organización explícita.
1.11. Categorización y atribución de valores.	No hay criterios de categorización o son muy simples (comparaciones sencillas, ausencia-presencia de un elemento, etc.) Valoración simple, bipolar, del tipo verdadero/falso, bien/mal, correcto/incorrecto, etc.		T2. Se mezclan criterios de categorización y valoración simples con otros más complejos.		Se establecen criterios más complejos buscando modelos y/o niveles de respuesta. Valoración más relativista con tendencia a establecer gradaciones intermedias.
1.12. Elaboración de resultados y conclusiones.	Los resultados describen cuantitativamente las respuestas o se hacen comentarios genéricos.	<i>Los resultados, además de cuantitativos, son más cualitativos y sistemáticos; no hay contraste entre preguntas y/o sujetos, ni de selección de obstáculos.</i>	Los resultados, además de cuantitativos, son más cualitativos y sistemáticos; no hay contraste entre preguntas y/o sujetos, ni de selección de obstáculos. Se establecen algunas conclusiones de síntesis.		Los resultados, además de cuantitativos, son cualitativos y sistemáticos (contrastes entre preguntas, entre sujetos, etc.), detectando los obstáculos. Se establecen conclusiones de síntesis.

Tabla 4 Subcategorías, niveles previstos (N1, N2 y N3) y detectados (N12 y N23) en el estudio de la progresión de las concepciones sobre los contenidos escolares.

2. CONTENIDOS ESCOLARES SUBCATEGORÍAS	NIVELES DE COMPLEJIDAD DE LAS CONCEPCIONES				NIVEL DE REFERENCIA N3
	NIVEL DE PARTIDA N1	NIVEL INTERMEDIO DETECTADO N12	NIVEL POSIBLE N2	NIVEL INTERMEDIO DETECTADO N23	
2.1. Fuentes para el diseño y desarrollo de los contenidos.	Se utilizan tácitamente las disciplinas como única fuente de referencia, aunque se pueden adoptar principios del tipo: próximo-lejano, general-específico, sencillo-difícil.		Se empiezan a considerar otras fuentes de referencia, fundamentalmente las ideas e intereses de los alumnos.	<i>Se consideran las siguientes fuentes de referencia: las disciplinas científicas (desde un punto de vista conceptual, actitudinal y procedimental), la cultura popular, los problemas sociales, ambientales y culturales, y la cultura de los alumnos (sus intereses, los niveles de partida, la utilidad para la vida, etc), todo ello en relación con los metacognocimientos.</i>	Se consideran las siguientes fuentes de referencia: las disciplinas científicas (desde un punto de vista conceptual, actitudinal y procedimental), la cultura popular, los problemas sociales, ambientales y culturales, y la cultura de los alumnos (sus intereses, los niveles de partida, la utilidad para la vida, etc), todo ello en relación con los metacognocimientos.
2.2. Tipos de contenidos .	Sólo se formulan contenidos conceptuales, aunque se pueda declarar la existencia de otros tipos de contenidos.		Se empiezan a comprender y a considerar los contenidos relacionados con los procedimientos y las actitudes.		Se formulan contenidos relativos a conceptos, procedimientos y actitudes de manera integrada y coherente con los metacognocimientos.
2.3. Relaciones entre los contenidos.	Los contenidos se estructuran de forma aditiva y lineal sin ninguna relación entre ellos.		Se reconoce la necesidad de establecer relaciones entre los contenidos. Se establecen diversas relaciones jerárquicas (entre conceptos y/o problemas, entre éstos y procedimientos y/o actitudes). Se comienzan a reconocer interacciones horizontales.		Los contenidos se organizan en forma de tramas o redes que integran conceptos, procedimientos, actitudes, problemas, etc., y en función de los metacognocimientos.
2.4. Niveles de complejidad del contenido.	Los contenidos se formulan en un único nivel y exclusivamente con su expresión nominal, sin definirlos.		Se reconoce la necesidad de formular los contenidos al nivel que se considera más adecuado para las ideas de los alumnos.		Los contenidos escolares se formulan a diferentes niveles de complejidad en función de los obstáculos de los alumnos.
2.5. Presentación de los contenidos a los alumnos.	Los contenidos se presentan a los alumnos con la misma lógica que el profesor los concibe para sí mismo.	<i>Se empieza a considerar la perspectiva del alumno y la necesidad de una lógica distinta de formular los contenidos para ellos, basada en problemas abiertos, proyectos, centros de interés, etc.</i>	Se empieza a considerar la perspectiva del alumno y la necesidad de una lógica distinta de formular los contenidos para ellos, basada en problemas abiertos, proyectos, centros de interés, etc.	<i>Los contenidos se formulan de dos maneras diferentes pero relacionadas: una siguiendo la lógica del profesor y otra siguiendo la lógica del alumno (preguntas, problemas, proyectos, etc.).</i>	Se considera la perspectiva del alumno y una lógica distinta al formular los contenidos para ellos, así como la necesidad de que estén relacionados con la lógica del profesor y la de los metacognocimientos.

Tabla 5
Subcategorías, niveles previstos (N1, N2 y N3) y detectados (N01, N12 y N23) en el estudio de la progresión de las concepciones sobre la metodología de enseñanza.

2. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA SUBCATEGORÍAS	NIVELES DE COMPLEJIDAD DE LAS CONCEPCIONES					NIVEL DE REFERENCIA N3
	NIVEL DETECTADO N01	NIVEL DE PARTIDA N1	NIVEL INTERMEDIO DETECTADO N12	NIVEL POSIBLE N2	NIVEL INTERMEDIO DETECTADO N23	
3.1. Concepto y sentido de actividad	<i>No se formulan las actividades.</i>	Las actividades son situaciones protagonizadas por los alumnos para comprobar y/o aplicar la información que transmite el profesor.	<i>Las actividades son situaciones protagonizadas por los alumnos para comprobar y/o aplicar la información que transmite el profesor, así como aquellas otras que pretenden una mayor implicación de los mismos en el proceso (buscar información, torbellino de ideas, etc.).</i>	Las actividades son las unidades de programación para desarrollar un proceso de enseñanza-aprendizaje que supere la mera transmisión-recepción de los contenidos.		Las actividades son las unidades de programación de enseñanza-aprendizaje con la intención de promover la construcción del conocimiento por los alumnos.
3.2. Secuencia metodológica	<i>La secuencia metodológica es aditiva.</i>	La secuencia metodológica viene determinada por la lógica de los contenidos y pretende su transmisión a los alumnos.	<i>La secuencia metodológica viene determinada por la lógica de los contenidos y persigue ampliar las ideas de los alumnos, corregir los errores conceptuales y sustituirlos por el conocimiento verdadero.</i>	La secuencia metodológica tiene relación con las ideas de los alumnos y pretende a través de procesos de investigación (planteamiento de problemas, formulación de hipótesis, contraste con otras informaciones, establecimiento de conclusiones y reflexión sobre lo aprendido). Los contenidos se consideran como herramientas para abordar dichos problemas.		La secuencia metodológica tiene relación con las ideas de los alumnos y pretende favorecer su evolución a través de procesos de investigación (planteamiento de problemas, formulación de hipótesis, contraste con otras informaciones, establecimiento de conclusiones y reflexión sobre lo aprendido). Los contenidos se consideran como herramientas para abordar dichos problemas.
3.3. Recursos didácticos	<i>No se formulan los recursos didácticos.</i>	Los recursos didácticos son todos aquellos medios que facilitan el proceso de enseñanza.		Los recursos didácticos son todos aquellos medios que facilitan el aprendizaje de los alumnos/as.		Los recursos didácticos son aquellos medios especialmente adecuados para facilitar la construcción del conocimiento por los alumnos.

Tabla 6
Resultados de la categoría «ideas» de los alumnos.

1. IDEAS DE LOS ALUMNOS	MOMENTO INICIAL				MOMENTO INTERMEDIO				MOMENTO FINAL			
	N1	N1	N12	N12	N2	N23	N2	N23	N2	N23	N2	N23
1.1. Naturaleza	N1	N1	N12	N12	N2	N23	N2	N23	N2	N23	N2	N23
1.2. Cambio	-	-	-	-	N2	N2	N2	N23	N3	N2	N2	N3
1.3. Lenguaje	N1	N2	N2	N3	N3	-	N2	N3	N3	N2	N2	N3
1.4. Forma de preguntar	N1	N1	N1	N2	-	-	-	-	N3	N2	N1	N2
1.5. Contenido pregunta	N1	N1	N23	N2	-	N3	-	-	N3	N3	N23	N23
1.6. Nivel de organización de la realidad a que se refiere la pregunta	N2	N3	N2	N3	-	-	N3	-	N3	N3	N3	N2
1.7. Respuesta buscada	N3	N3	N3	N3	N2	N3	N3	N3	N3	N3	N3	N3
1.8. Recurso comunicativo	N1	N1	N2	N1	N2	N2	-	N2	N3	N3	N2	N3
1.9. Demanda intelectual que requiere la respuesta	N1	N1	N2	N2	N2	-	-	N3	N3	N3	N23	N23
1.10. Selección y organización de las preguntas	N1	N1	N2	N1	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N3	N2
1.11. Categorización y atribución de valores	N2	N1	N2	N2	N2	N3	N2	N3	N3	N3	N2	N3
1.12. Elaboración de resultados y conclusiones	N1	N1	N1	N1	N1	-	N12	N3	N2	N2	N12	N3
CASOS	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D

Naturaleza y cambio de las ideas

En este grupo, la progresión en todos los casos es igual o mayor que la esperada (de N1 a N2), superando la visión inicial de que las ideas de los alumnos no tienen valor epistémico. No obstante, en ningún equipo se llega al nivel de referencia. Este hecho, tal como indican otros estudios (Hollon et al., 1991; Gustafson y Rowell, 1995; Bryan, 2003), parece estar relacionado con la presencia de una epistemología absolutista, según la cual el conocimiento científico tiene un estatus superior a cualquier otro conocimiento; de ahí que las ideas de los alumnos, en el mejor de los casos, deban ser sustituidas por las ideas científicas.

Detección de las ideas

Este grupo incluye las siete subcategorías relativas al cuestionario. En el momento intermedio, como se puede observar en la Tabla 6, sólo se obtuvieron datos para algunas subcategorías y en algunos casos.

Una mirada general a este grupo muestra una evolución diferente en cada caso, aunque en la mayoría de las subcategorías se alcancen niveles superiores a los previstos (N23 o N3). Se observa una evolución importante en la formulación de las preguntas, en el sentido de favorecer que el alumno conteste lo que realmente piensa. Es decir, hay una progresión desde la visión tradicional, en la que se pregunta para comprobar si el alumno «posee» el conocimiento enseñado, hacia una visión en la que se investiga su conocimiento espontáneo.

Este resultado es importante si lo comparamos con el estudio de Morrison y Lederman (2003), en el que profesores con varios años de experiencia elaboraron cuestionarios hacían preguntas muy académicas para conocer las ideas de sus alumnos, y con el de Hand y Treagust (1994) en el que la mayoría de las actividades iniciales de los profesores estudiados se centran más en el conocimiento académico que en el de los alumnos.

Metodología de análisis de las respuestas

En las tres subcategorías de este grupo la evolución de los equipos se corresponde bastante con lo previsto (de N1 a N2). Evolucionan desde una metodología simple, asistemática y cuantitativa hacia otra más cualitativa y sistemática, en la que se agrupan las concepciones de los alumnos por categorías y se empiezan a analizar los obstáculos de aprendizaje. Al igual que en otros trabajos (Hewson y Hewson, 1987; Meyer et al., 1999 y Harres et al., 2001), parece que hay una evolución de naturaleza procedimental asociada a una mayor valoración epistémica de las ideas de los alumnos.

Categoría 2: Los contenidos

En esta categoría la evolución se corresponde básicamente con la prevista. Los casos A, B y C se ajustan bastante a esta progresión. El caso D sigue una dinámica algo diferente: en las subcategorías 2.1 y 2.3 parte de un nivel superior (N2) y en las subcategorías 2.1 y 2.5

Tabla 7
Resultados de la categoría «contenidos».

2. CONTENIDOS	MOMENTO INICIAL				MOMENTO INTERMEDIO				MOMENTO FINAL			
	N1	N1	N2	N2	N2	N2	N2	N23	N2	N2	N23	N23
2.1. Fuentes	N1	N1	N2	N2	N2	N2	N2	N23	N2	N2	N23	N23
2.2. Tipos	N1	N1	N1	N1	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2
2.3. Relaciones	N2	N2	N1	N2	N2	N2	N1	N2	N2	N2	N2	N2
2.4. Niveles de complejidad	N1	N1	N1	N1	N2	N2	N2	N3	N2	N1	N1	N2
2.5. Presentación a los alumnos	N1	N1	N1	N1	N2	N2	N1	N2	N2	N2	N12	N23
CASOS	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D

alcanza también un nivel más alto que el previsto inicialmente (N23). Estos resultados están en línea con otras investigaciones, aunque presentan particularidades diferentes. Veámoslo en cada subcategoría.

Fuentes

En los estudios analizados, la mayoría de los profesores utilizan el conocimiento científico como la fuente básica para seleccionar los contenidos. Sólo una minoría incorpora contenidos no estrictamente disciplinares (Sánchez y Valcárcel, 1999, 2000; Rodrigo et al., 2000; Martínez et al., 2001; Skamp y Mueller, 2001). En nuestro caso, todos los equipos realizan alguna adaptación del conocimiento disciplinar a las ideas a los alumnos. Inicialmente, los casos A y B sólo manejan la fuente disciplinar (N1), mientras que C y D se refieren también a las ideas de los alumnos (N2). Al final, A y B alcanzan el nivel N2 y C y D un nivel superior (N23), ya que también tienen en cuenta los problemas socioambientales.

Tipos

En esta subcategoría todos los casos evolucionan según lo previsto. En los estudios revisados los profesores dan mayor relevancia a los conceptos científicos que a los procedimientos y las actitudes (Sánchez y Valcárcel, 1999; Wamba, Jiménez y García, 2000; Manasero y Vázquez, 2001; Van Driel, Bulte y Verloop, 2005), al igual que en el momento inicial de nuestro estudio (N1). Sin embargo, a lo largo del curso, los equipos incorporan contenidos procedimentales, influidos por la creencia de que las actividades prácticas producen más aprendizaje (Thomaz et al., 1996; Skamp y Mueller, 2001) y/o contenidos actitudinales, como forma de relacionar los conceptos científicos con la vida cotidiana (N2) (Abd-El-Khalick, 2005).

Relaciones

Los resultados del caso C en el momento inicial son similares a los del estudio de Martín del Pozo y Porlán (2001) en el que se investigan los contenidos que pretenden enseñar 24 futuros profesores sobre el cambio químico: la organización de los contenidos es aditiva, lineal y sin relaciones entre ellos (N1). Los otros equipos, por el contrario, presentan desde el principio esquemas con relaciones jerárquicas, aunque basados sólo en una lógica disciplinar

(N2) sin tener en cuenta los aspectos psicológicos relacionados con los alumnos (Martínez et al., 2001; Azcárate y Cuesta, 2005). El caso C es el único que progresa en esta subcategoría, alcanzando el nivel N2, en el que se mantienen los otros casos durante todo el curso.

Niveles

Como en otros estudios (Martín del Pozo, 2001; Martín del Pozo y Porlán, 2001; Rivero, 1996), inicialmente los equipos no adaptan los contenidos a los alumnos (N1). En el momento final, los casos A y D reconocen la importancia de esta adaptación (N2), aunque no llegan a formular contenidos con distintos niveles de profundidad. Las dificultades de progresión en esta subcategoría parece ser consecuencia de la creencia tan extendida de que los contenidos están predeterminados de manera cerrada por el currículo oficial.

Presentación a los alumnos

Como afirman Zembal-Saul, Blumenfeld y Krajcik (2000), los que van a ser profesores tienden a preocuparse más de ellos mismos que de los alumnos. En nuestro estudio, al decidir cómo presentar los contenidos a los alumnos, los equipos parten de un *centramiento en la perspectiva del profesor* (N1), que, a lo largo del curso, sufre diferentes grados de evolución. El caso C llega a considerar *la lógica del alumno* pero sin que tenga consecuencias prácticas (N12). Los casos A y B, sin embargo, presentan los contenidos en forma de problemas, proyectos o centros de interés (N2) y el caso D llega a diseñar los contenidos siguiendo dos lógicas diferentes y relacionadas: la del profesor y la de los alumnos (N23).

En general, podemos decir que los obstáculos que aparecen guardan relación con *una visión limitada de cómo aprenden los alumnos* (Zembal-Saul, Blumenfeld y Krajcik, 2000), lo que dificulta reconocer la influencia de las ideas de los alumnos en el diseño de contenidos, y *un conocimiento académico, superficial y desprofesionalizado del contenido* (Meyer et al., 1999; Davis y Petish, 2005).

Si nos fijamos en los resultados globales obtenidos en esta categoría, vemos que las variables que implican un dominio disciplinar de los contenidos (2.3 y 2.4) son las que menos cambios experimentan. Sin embargo, aque-

llas que tienen más que ver con un *centramiento en los alumnos* (2.1, 2.2 y 2.5) consiguen mayor evolución. Es decir, la progresión de los equipos parece estar relacionada con el hecho de empezar a considerar las ideas de los alumnos, como también señalan otros estudios (Gustafson y Rowell, 1995; Meyer et al., 1999; Bryan y Abell, 1999; Haefner y Zembal-Saul, 2004).

Categoría 3: La metodología de enseñanza

En la tabla 8 se indican los resultados de esta categoría.

Concepto y sentido de la actividad

En esta subcategoría tres de los equipos (B, D y E), en contra de lo que esperábamos, proponen desde el inicio planes de enseñanza de nivel N2. Dichos planes se basan en la actividad como unidad de programación e incluyen planteamiento de problemas, búsqueda de información, aplicación, etc. El sentido de las actividades no es mejorar la transmisión de los contenidos sino promover el aprendizaje de los estudiantes, aunque sin llegar a un proceso de construcción de significados. Estos equipos, como se observa en la tabla, no han experimentado cambios durante el curso.

Los otros dos equipos (C y A) sí consiguen una progresión importante. Parten de no incluir actividades en el plan de enseñanza (N01), o de incluirlas como ejercicios de aplicación o de comprobación de la teoría transmitida por el profesor (N1), y finalizan concibiéndolas como unidades de una programación centrada en los alumnos (N2). Todos los equipos, por tanto, se sitúan al final en el nivel que consideramos posible en nuestra hipótesis. Sin embargo, como detectan también Yerrick, Parke y Nugent (1997), siguen considerando que los alumnos deben aprender el conocimiento verdadero, aunque ahora sea a través de las actividades propuestas.

Secuencia metodológica

En esta subcategoría, todos los equipos, salvo el D, evolucionan entre el momento inicial y el final. Dos de ellos (B y C) parten de una secuencia que no responde a ningún criterio (N01), de manera similar a lo detectado en el estudio de Travé (2003). Los otros dos organizan las actividades en función de los contenidos: en el caso A para facilitar su transmisión (N1) y en el caso E su descubrimiento (N12).

Al final, todos los equipos proponen secuencias de actividades organizadas en función de las ideas de los alumnos. Una secuencia tipo sería: conocer las ideas de los alumnos, dar la información correcta para corregir los errores y llenar los vacíos detectados, y evaluar si esto ha ocurrido así (N2). En consecuencia, los equipos consideran que los alumnos tienen ideas espontáneas, pero no aceptan que puedan evolucionar de forma distinta a la esperada. La creencia dominante al final es que con una secuencia de actividades como la comentada los alumnos deben aprender significativamente el conocimiento correcto. Los estudios de Meyer y otros (1999) y Bryan (2003) detectan resultados muy similares.

Recursos didácticos

Salvo en el caso A, en esta subcategoría también hemos detectado progresiones importantes. Los equipos pasan de no considerar los recursos didácticos, situándose por debajo de nuestras expectativas (N01), a reconocer su diversidad y a considerarlos elementos facilitadores del aprendizaje de los alumnos (N2).

Si comparamos los resultados de estas tres subcategorías podemos señalar que la progresión esperada (de N1 a N2) se cumple en el nivel de llegada pero no en el de partida, pues el nivel 01 tiene una presencia importante. Vemos también que algunos equipos (A y E) se han situado en el nivel de referencia teórico en el momento intermedio (N3), aproximándose a una concepción constructivista, pero no se han mantenido en él. Por último, resaltamos que los avances más importantes se han dado entre el momento inicial y el intermedio. Entre el intermedio y el final ha predominado la estabilidad y, en algunos casos, la regresión.

DISCUSIÓN

Para realizar la discusión hemos comparado los resultados de todas las subcategorías de una misma categoría, lo que nos ha permitido construir *Niveles e Itinerarios Generales de Progresión* y representarlos como una escalera en la que, a modo de hipótesis futura, se integran los obstáculos que parecen impedir la progresión y las actividades formativas que parecen facilitarla (Figuras 1, 2, 3, 4 y 5). En cada nivel general hemos indicado, en término de porcentajes, cuántas PS de los 3 momentos formativos y de los 5 casos se sitúan en ese grado de progresión.

Tabla 8
Resultados de la categoría «metodología».

3. METODOLOGÍA	MOMENTO INICIAL					MOMENTO INTERMEDIO					MOMENTO FINAL				
	N1	N2	N01	N2	N2	N3	N12	N2	N2	N3	N2	N2	N2	N2	N2
3.1. Concepto y sentido de actividad	N1	N2	N01	N2	N2	N3	N12	N2	N2	N3	N2	N2	N2	N2	N2
3.2. Secuencia metodológica	N1	N01	N01	N2	N12	N3	N2	N2	N2	N3	N2	N2	N2	N2	N2
3.3. Recursos didácticos	N2	N01	N01	N01	N01	N3	N1	N1	N2	N2	N2	N2	N2	N2	N2
CASOS	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E

Las ideas de los alumnos

Considerando las dos primeras subcategorías (naturaleza y cambio), hemos definido un nivel de menor complejidad, que denominamos de *incorporación* (integración de los niveles N1 y N12 de las dos subcategorías). En este nivel, las ideas de los alumnos sólo interesan en la medida que reflejen la mayor o menor incorporación de los contenidos escolares, ya que sus ideas propias *no tienen valor epistémico* (Figura 1).

En un estadio de complejidad intermedia situamos el nivel que denominamos de *sustitución* (nivel N2 de las dos subcategorías y N23 de la primera). En él se considera que los alumnos pueden tener ideas propias relacionadas con los contenidos, aunque suelen ser erróneas. Un buen aprendizaje implica su sustitución por los contenidos correctos, ya que no se consideran un conocimiento alternativo al conocimiento disciplinar. Al mismo tiempo, el aprendizaje no se concibe como un proceso de integración y reelaboración de significados. Así, el obstáculo epistemológico de fondo es la creencia, ya mencionada, de que *existe un único conocimiento verdadero* (el conocimiento científico) hacia el que deben dirigirse siempre las ideas de los alumnos. En definitiva, es lo que Toulmin (1977) denomina: *absolutismo epistemológico* (Porlán y Harres, 1999).

No obstante, nos parece una progresión significativa el considerar que los alumnos tienen ideas propias, es decir que tienen una epistemología personal, pues es un paso previo imprescindible para poder construir la idea de que no son inferiores, sino diferentes y alternativas, a las científicas. Gustafson y Rowell (1995) encontraron, al final de un curso con una orientación semejante al nuestro, que la mayoría de los futuros profesores siguen manteniendo una concepción del aprendizaje basada en la incorporación de significados externos.

Las actividades formativas del CAIC donde se produjeron más avances parecen ser la A2 (debatir las aportaciones de la investigación didáctica a través del guión de reflexión «cómo hacer un cuestionario...») y la A3 (elaborar la segunda versión del cuestionario) (Tabla 2).

En el nivel de mayor complejidad, denominado de *Construcción* (nivel N3 de las dos subcategorías y N23 de la segunda), se entiende que los alumnos tienen ideas alternativas a los contenidos escolares y científicos y que evolucionan por interacción con estos y otros conocimientos. Este nivel se corresponde con una cosmovisión epistemológica más relativista, según la cual las verdades son consideradas como provisionales, contextualizadas y negociadas. De los cuatro casos, dos de ellos (A y D) han presentado indicios de aproximación a este nivel.

En relación con las preguntas del cuestionario (subcategorías 1.3 a 1.9), hemos formulado dos niveles generales de diferente grado de complejidad (Figura 2). En el primero, el instrumento para detectar las ideas de los alumnos se basa en preguntas relacionadas con datos y definiciones y usa términos característicos de la *cultura académica* (nivel N1 de todas las subcategorías). Aquí, el obstáculo a la progresión es de naturaleza psicológica: *no se considera la cosmovisión de los alumnos ni su cultura de edad*. A lo largo del curso, la mayoría de las PS detectadas pertenecían al nivel de mayor complejidad, en el que sí se tiene presente la *cultura de edad* de los alumnos al diseñar el cuestionario (niveles N2, N23 y N3). Así, la progresión general de este grupo indica que, tal como señala Crawford (1999), elaborar materiales y aplicarlos en alumnos «reales», acercando la formación a la práctica docente, tiene un gran potencial para el aprendizaje profesional.

Figura 1
Itinerario general de progresión sobre las ideas de los alumnos (naturaleza y cambio).

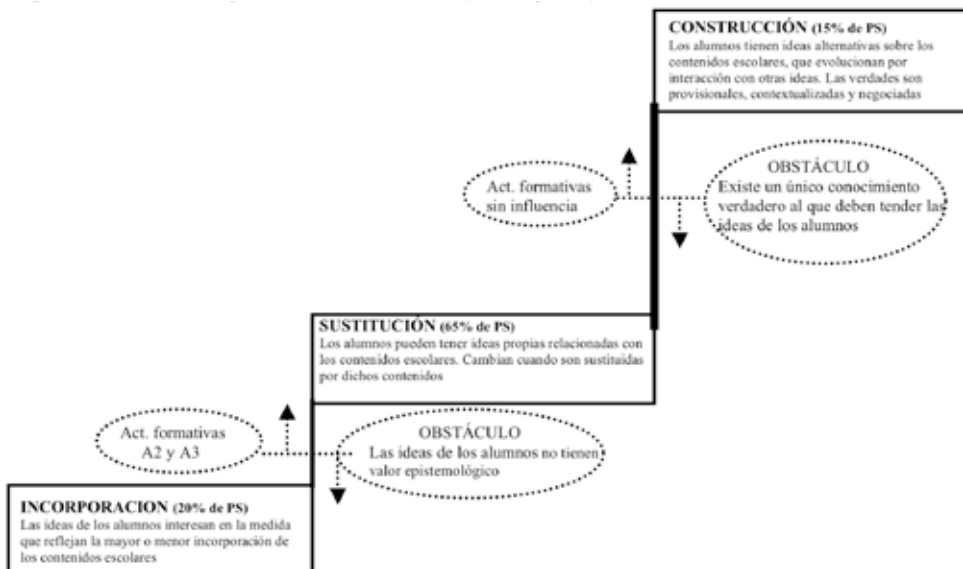


Figura 2
Itinerario general de progresión sobre las ideas de los alumnos (detección).

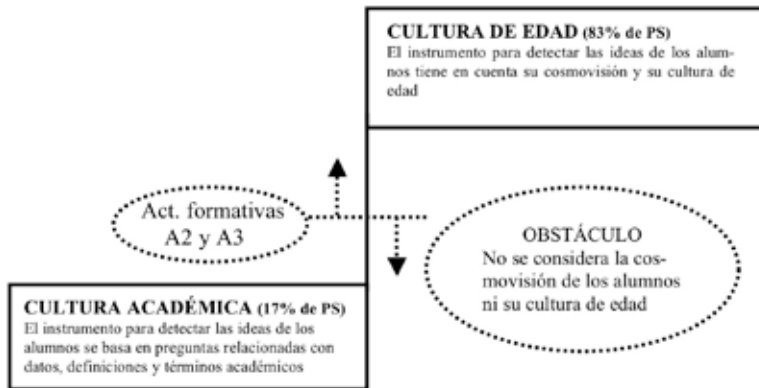
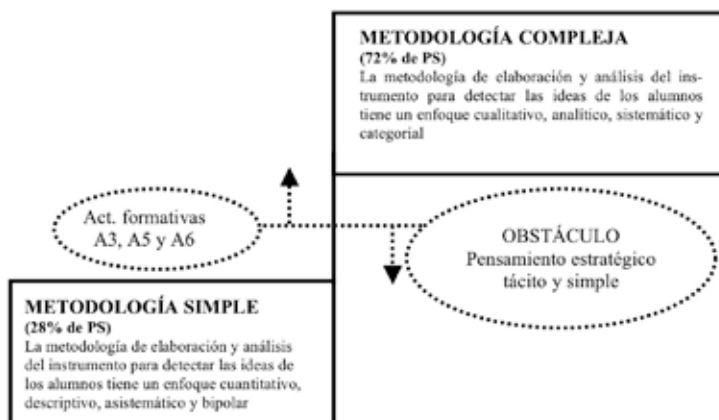


Figura 3
Itinerario general de progresión sobre las ideas de los alumnos (análisis).



En las subcategorías relativas a los procedimientos de análisis de los resultados (1.10, 1.11 y 1.12), una mirada general muestra una situación muy semejante al grupo anterior, con dos niveles de complejidad representados en la figura 3. El obstáculo para la transición es de naturaleza procedimental y se refiere al uso de *estrategias de pensamiento tácitas y simples*. Así, en el nivel de complejidad más bajo, los procedimientos son cuantitativos, descriptivos, asistemáticos y la valoración de las ideas de los alumnos es de carácter bipolar (bien/mal; correcto/incorrecto; etc.) (nivel N1). El nivel más avanzado se caracteriza, sin embargo, por una metodología cualitativa, analítica, sistemática y con atribución de valores por categorías (niveles N12, N2, N23 y 3). Todos los equipos alcanzaron o se aproximaron a este nivel. La progresión se inició probablemente durante la reelaboración de los cuestionarios (Actividad A3) y se consolidó con las actividades A5 (guion de reflexión sobre cómo analizar las ideas de los alumnos) y A6 (análisis de las respuestas de la muestra completa).

Los contenidos escolares

En esta categoría el itinerario general de progresión incluye un nivel de menor complejidad, que denominamos de *Simplificación* (nivel N1), que considera los contenidos escolares como una versión simplificada de los conceptos disciplinares (Figura 4). El obstáculo que parece reforzar esa posición es la creencia de que *el conocimiento escolar no debe estar condicionado por otros factores que no sean los conceptos de las disciplinas* (los alumnos, el contexto, los problemas socioambientales, etc.).

Las actividades formativas donde ha habido más avance son aquellas en las que se analizan y cuestionan las propuestas iniciales de los equipos sobre los contenidos (A8 y A9). Por ejemplo, en la actividad 8, al analizar la propuesta de un equipo, se le planteó lo siguiente: *de los contenidos propuestos sólo se indica una lista con los nombres: ¿qué ideas se pretenden que aprendan los alumnos?, ¿existe al-*

guna relación entre los contenidos propuestos?, etc. En esa misma actividad se les presentan formas de diseñar contenidos (en tramas o redes) que responden a puntos de vista diferentes y que utilizan un lenguaje más próximo a la práctica profesional que a la teoría académica. Al mismo tiempo, el guión de reflexión propuesto (ver documento 8 en el artículo anterior) parece haber influido en que se consideren otras fuentes de contenidos, se incorporen procedimientos y actitudes, se establezcan relaciones y se formulen de forma más próxima a la lógica de los alumnos. Sólo en la subcategoría *niveles de formulación*, los casos B y C permanecen en el nivel de *simplificación* al final del proceso.

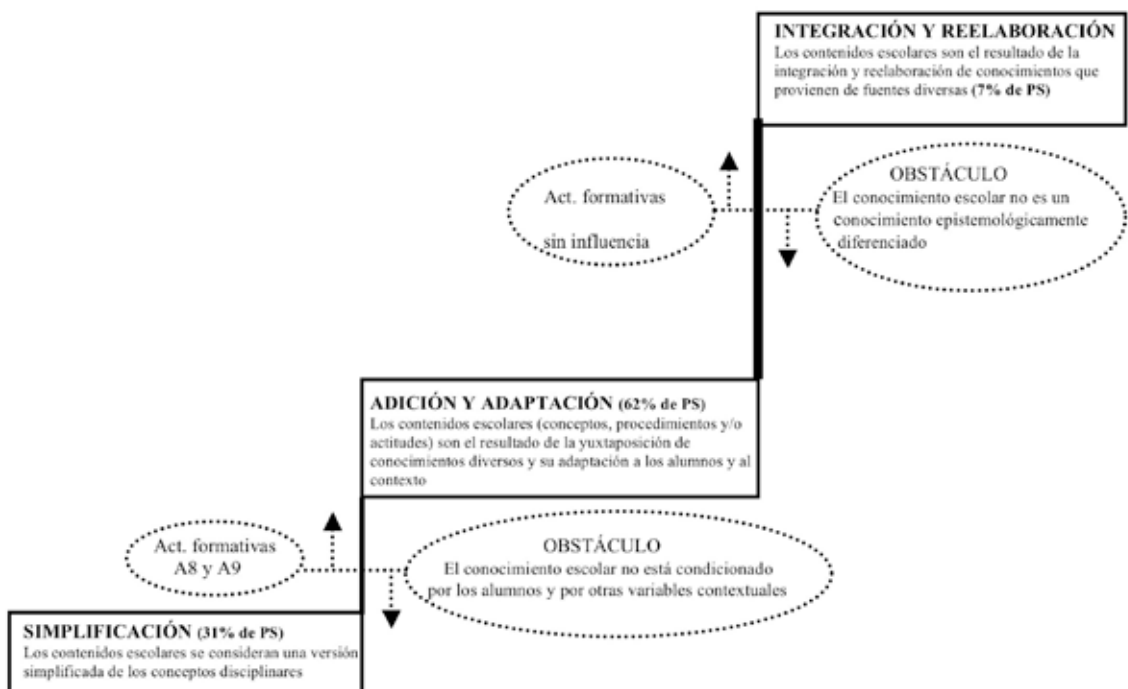
El itinerario también incluye un nivel de complejidad intermedia, que denominamos de *adición y adaptación* (niveles N12 y N2), que considera los contenidos (conceptos, procedimientos y actitudes) como el resultado de yuxtaponer conocimientos disciplinares y de otras fuentes, y adaptarlos a los intereses y capacidades de los alumnos. El obstáculo que parece estar presente es la idea de que *el conocimiento escolar no es un conocimiento epistemológicamente diferenciado del conocimiento cotidiano y del conocimiento científico*. Esto hace que no se vea la necesidad de integrar y reelaborar conocimientos de fuentes diversas sino que se considere suficiente el hecho de irlos adicionando, para adaptarlos a los alumnos. Como esperábamos, las actividades formativas no han promovido una clara progresión al siguiente nivel. Sólo en el caso D y en dos subcategorías (*fuentes de los contenidos y presentación para los alumnos*) se ha superado el nivel intermedio.

Finalmente, se incluye un nivel de mayor complejidad, que denominamos de *integración y reelaboración* (niveles N23 y N3), y en el que los contenidos sí son considerados un tipo de conocimiento genuino, que se genera y se aplica en el contexto escolar, que tiene fines propios y que se basa en fuentes y referentes diversos. El proceso de integración y reelaboración requiere de un conocimiento profesionalizado sobre los contenidos de nivel de experto, no sólo en lo relativo a la disciplina o disciplinas de referencia, y a su historia y epistemología, sino también en relación con conocimientos de carácter psicopedagógico, especialmente los relacionados con las concepciones de los alumnos.

La metodología de enseñanza

En esta categoría formulamos un primer nivel general que no estaba en nuestra hipótesis inicial, y que denominamos de *intuición* (Figura 5). En él, la metodología no responde a un modelo articulado; no se formulan actividades ni recursos didácticos y las situaciones de enseñanza no se ordenan lógicamente (nivel N01). El obstáculo que subyace es que *no se considera necesario explicitar una determinada metodología para poder enseñar*. La actividad formativa que ha podido tener más influencia para su superación es la A11, en la que se someten a análisis y contraste crítico las propuestas iniciales de los equipos.

Figura 4
Itinerario general de progresión sobre los contenidos.



El siguiente nivel es el que denominamos de *transmisión* (niveles N1 y N12). En él, la lógica metodológica es subsidiaria de la lógica de los contenidos que se quieren transmitir. Las actividades pretenden reforzar la enseñanza del profesor y los recursos sirven para apoyarlas. El obstáculo que subyace es la creencia de que *los alumnos y sus ideas no deben influir en la metodología*. Las actividades formativas que han podido influir más en su superación son también la A11 (lectura de artículos sobre experiencias innovadoras, observación de vídeos de clases alternativas al modelo tradicional, etc.), y la A12 en la que se diseñó el plan de enseñanza definitivo.

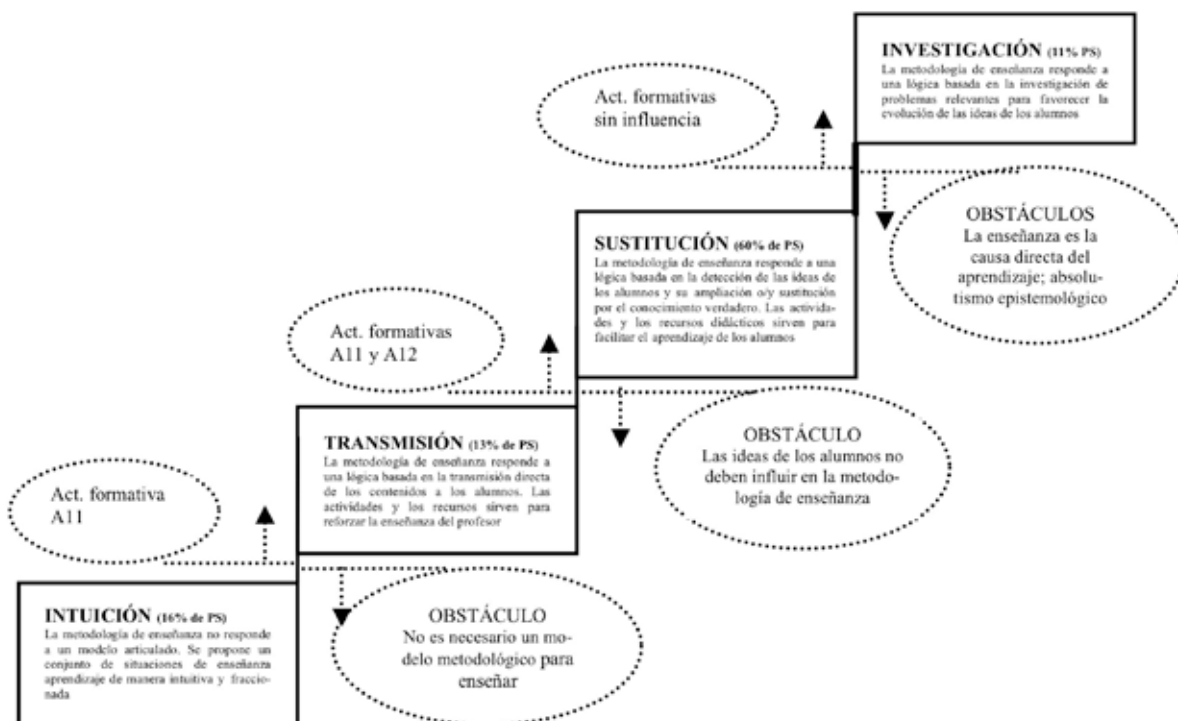
A continuación formulamos el nivel que considerábamos posible de alcanzar y que denominamos de *sustitución* (nivel N2). Este nivel se centra más en el alumno que en el profesor, aunque sin renunciar a que hay un saber predeterminado que hay que aprender. La metodología de enseñanza responde a una secuencia basada en la detección de las ideas de los alumnos y su ampliación y/o sustitución por el conocimiento verdadero. Las actividades y los recursos sirven para facilitar el aprendizaje. El obstáculo que subyace consiste en entender que *la enseñanza es causa directa del aprendizaje* y que, salvo deficiencias del alumno, lo garantiza. Por supuesto, en un ámbito más profundo, está influyendo también el *absolutismo epistemológico*, al considerar que la metodología debe asegurar el aprendizaje del conocimiento verdadero. Estos obstáculos están presentes en la muestra durante todo el curso y afectan a todas las categorías:

son los que no hemos podido «sortear» con la propuesta formativa. Para superarlos, es necesario que los futuros profesores realicen varios ciclos de actividades como las desarrolladas (Gustafson y Rowell, 1995) y que lleven a la práctica sus diseños acompañados por profesores expertos e innovadores (Lauriala, 1998).

Por último, presentamos el nivel general de referencia que denominamos de *investigación* (nivel N3). En él, la metodología de enseñanza responde a una lógica basada en la investigación de problemas relevantes para favorecer la evolución de las ideas de los alumnos. Dichas ideas se consideran el eje del proceso de enseñanza-aprendizaje. Dos de los cinco equipos analizados se han aproximado a este modelo en alguna subcategoría y en algunos momentos de la actividad formativa, aunque sin consolidarse en él.

En resumen, la mayoría de las PS elaboradas a partir de las unidades de información se sitúan, en todas las categorías, en los niveles generales intermedios; niveles que inicialmente considerábamos como posibles en los contextos y tiempos descritos. Igualmente, en todas las categorías se observa que los obstáculos de naturaleza epistemológica (los que dificultan el tránsito desde los niveles intermedios a los de mayor complejidad) son más difíciles de superar que los de naturaleza psico-didáctica (los que dificultan el tránsito desde los niveles iniciales a los intermedios).

Figura 5
Itinerario general de progresión sobre la metodología.



CONCLUSIONES

Esta investigación nos ha permitido reforzar la idea de que las concepciones didácticas de los estudiantes de Magisterio, en gran medida implícitas, tienen un cierto margen de explicitación, movilización y cambio dentro de los estrechos límites de su formación inicial. También, que cuando dotamos a los cursos y asignaturas de una orientación, constructivista, crítica y metareflexiva parece que la movilización y el cambio se favorecen y activan.

Sin embargo, también nos ha hecho corroborar que las intervenciones de corta duración no permiten superar obstáculos muy arraigados como el *absolutismo epistemológico*, y que la experimentación de diseños didácticos en las aulas de Primaria, en compañía de docentes expertos e innovadores, es imprescindible

para comprobar y consolidar la consistencia de los cambios.

Por último, dejamos constancia de que hemos tratado de aportar un instrumento teórico-práctico para la reflexión y el análisis de datos: los *Itinerarios Generales de Progresión*. Consideramos, evidentemente, que son parciales y limitados. Por ejemplo, sería interesante tratar de describir la progresión metacognitiva de los docentes o su capacidad para afrontar los retos emocionales que implica un cambio a contracorriente, aspectos que, aún siendo esenciales y de gran interés, no se abordan en este trabajo. Por tanto, estos itinerarios deben ser instrumentos sometidos a la ampliación, modificación y crítica en función de futuros estudios centrados en estos y otros problemas, de más larga duración y más centrados en la práctica de aula. Estos son algunos de nuestros retos presentes y futuros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F. (2005). Developing deeper. Understandings of nature of science: the impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning. *International Journal of Science Education*, 27(1), pp. 15-42.
- AZCÁRATE, P. y CUESTA, J. (2005). El profesorado novel de secundaria y su práctica. Estudio de un caso en las áreas de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(3), pp. 393-402.
- BRYAN, L.A. (2003). Nestedness of Beliefs: Examining a Prospective Elementary Teacher's Belief System about Science Teaching and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(9), pp. 835-868.
- DAVIS, E. y PETISH, D. (2005). Real-world applications and instructional representations among prospective elementary science teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 16(4), pp. 263-286.
- GUSTAFSON, B.J. y ROWELL, P.M. (1995). Elementary preservice teachers: constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 17, pp. 589-605.
- HAEFNER, L.A. y ZEMBAL-SAUL, C. (2004). Learning by doing? Prospective elementary teachers' developing understandings of scientific inquiry and science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 26(13), pp. 1653-1674.
- HAND, B. y TREGUST, D.F. (1994). Teachers' thoughts about changing to constructivist teaching/learning approaches within junior secondary science classrooms. *Journal of Education for Teaching*, 20(1), pp. 97-112.
- HARRES, J.B.S., HENZ, T. y ROCHA, L. (2001). O que pensam os professores sobre o que pensam os alunos. Uma pesquisa em diferentes estágios de formação no caso das concepções sobre a forma da Terra. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1(2), pp. 40-50.
- HARRES, J.B.S., PIZZATO, M.C., FONSECA, M.C., HENZ, T., PREDEBON, F. y SEBASTIANY, A.P. (2005). *Laboratórios de Ensino: inovação curricular na formação de professores de ciências*. São Paulo: ESETec Editores Associados.
- HEWSON, P.W. y HEWSON, M.G. (1987). Science teachers' conceptions of teaching: Implications for teacher education. *International Journal of Science Education*, 9(4), pp. 425-440.
- HOLLON, R.E., ROTH, K. y ANDERSON, C.W. (1991). Science teachers' conceptions of teaching and learning. *Advances on Research on Teaching*, 2, pp. 145-185.
- JONES, M., CARTER, G. y RUA, M. (1999). Children's concepts: tools for transforming science teachers' knowledge. *Science Education*, 83(5), pp. 545-557.
- LAURIALA, A. (1998). Reformativo in-service education for teachers (rinset) as collaborative action and learning enterprise: experiences from a finnish context. *Teaching and Teacher Education*, 14(1), pp. 53-66.
- MANASSERO, M.A. y VÁZQUEZ, A. (2001) Actitudes de estudiantes y profesorado sobre las características de los científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), pp. 255-268.
- MARTÍN DEL POZO, R. (2001). Lo que saben y lo que pretenden enseñar los futuros profesores sobre el cambio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), pp. 199-215.
- MARTÍN DEL POZO, R. y PORLÁN, R. (2001). Spanish prospective teachers' initial ideas about teaching chemical change. *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, 2, pp. 265-283.
- MARTÍN DEL POZO, R. y RIVERO, A. (2001). Construyendo un conocimiento profesionalizado para enseñar ciencias en la Educación Secundaria: los ámbitos de investigación profesional en la formación inicial del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40, pp. 63-79.
- MARTÍNEZ, M., MARTÍN DEL POZO, R., RODRIGO, M., VARELA, P., FERNÁNDEZ, P. y GUERRERO, A. (2001). ¿Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de Ciencias de Secundaria? *Enseñanza de las Ciencias*, 19, pp. 67-87.

- MEYER, H., TABACHNICK, R., HEWSON, P., LEMBERGER, J. y PARK, H. (1999). Relationships between prospective elementary teachers' classroom practice and their conceptions of Biology and of Teaching Science. *Science Education*, 83, pp. 323-346.
- MORRISON, J.A. y LEDERMAN, N.G. (2003). Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. *Science Education*, 87(6), pp. 849-867.
- OSBORNE, J. y COLLINS, S. (2001). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: a focus-group study. *International Journal of Science Education*, 23(5), pp. 441-467.
- PETERSON, R. y TREAGUST, D. (1998). Learning to teach Primary Science through problem-based learning. *Science Education*, 82, pp. 215-237.
- PIZZATO, M.C. y HARRES, J.B.S. (2007). Aprendizagem significativa e transformação na convivência: aproximações e indicadores para a formação de professores de ciências. *Boletín de Estudios e Investigación Indivisa*, 8, pp. 429-439.
- PORLÁN, R., AZCÁRATE, P., MARTÍN DEL POZO, R., MARTÍN TOSCANO, J. y RIVERO, A. (1996). Conocimiento profesional deseable y profesores innovadores: Fundamentos y principios formativos. *Investigación en la Escuela*, 29, pp. 23-38.
- PORLÁN, R. y GARCÍA, S. (1992). The change of teachers' conceptions: a strategy for in-service science teachers' education. *Teaching and Teacher Education*, 8(5/6), pp. 537-548.
- PORLÁN, R., GARCÍA, J.E., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1998). Les obstacles à la formation professionnelle des professeurs en rapport avec leurs idées sur la science, l'enseignement et l'apprentissage. *Aster*, 26, pp. 207-235.
- PORLÁN, R. y HARRES, J.B.S. (1999). La epistemología evolucionista de Stephen Toulmin y la enseñanza de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 39, pp. 17-26.
- PORLÁN, R. y MARTÍN DEL POZO, R. (2002). Spanish teachers' epistemological and scientific conceptions: implications for teacher education. *European Journal of Teacher Education*, 25(2-3), pp. 151-169.
- PORLÁN, R. y MARTÍN DEL POZO, R. (2004). Curricular the conceptions of in-service and prospective primary school teachers about the teaching and learning of science. *Journal of Science Teacher Education*, 15, pp. 39-62.
- PORLÁN, R. y MARTÍN DEL POZO, R. (2006). ¿Cómo progresa el profesorado al investigar problemas prácticos relacionados con la enseñanza de la ciencia? *Alambique*, 48, pp. 92-99.
- PORLÁN, R.; MARTÍN DEL POZO, R.; RIVERO, A.; HARRES, J.; AZCÁRATE, P. y PIZZATO, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: marco teórico y formativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), pp. 31-46.
- PORLÁN, R. y RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Díada.
- PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), pp. 155-171.
- PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II : Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), pp. 271-288.
- RIVERO, A. (1996). La formación permanente del profesorado de ciencias de Educación Secundaria Obligatoria. Un estudio de caso. Tesis no publicada. Universidad de Sevilla.
- RODRIGO, M., MARTÍNEZ, M., MARTÍN DEL POZO, R., VARELA, P., FERNÁNDEZ, P. y GUERRERO, A. (2000). Un estudio sobre el profesor de ciencias de Educación Secundaria y unas propuestas para mejorar su formación. *Revista de Educación*, 321, pp. 291-314.
- SÁNCHEZ, G. y VALCÁRCEL, M.V. (1999). Science teachers' views and practices in planning for teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, pp. 493-513.
- SÁNCHEZ, G. y VALCÁRCEL, M.V. (2000). ¿Qué tienen en cuenta los profesores cuando seleccionan el contenido de enseñanza? Cambios y dificultades tras un programa de formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 423-437.
- SKAMP, K. y MUELLER, A. (2001). Student teachers' conceptions about effective primary science teaching: a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 23(4), pp. 331-351.
- THOMAZ, M., CRUZ, M., MARTINS, I. y CACHAPUZ, A. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre naturaleza de la ciencia: contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), pp. 315-322.
- TILLEMA, H.H. (2000). Belief change towards self-directed learning in student teachers: immersion in practice or reflection on action. *Teaching and Teacher Education*, 16(5-6), pp. 575-591.
- TILLEMA, H.H. y VAN DER WESTHUIZEN, G.J. (2006). Knowledge construction in collaborative inquiry among teachers. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 12(1), pp. 51-67.
- TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana, Vol.1. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.
- TRAVÉ, G. (2003). ¿Qué sucede cuando los estudiantes de Magisterio utilizan «Investigando las actividades económicas»? *Investigación en la Escuela*, 51, pp. 101-114.
- VAN DRIEL, J.H., BULTE, A.M.W. y VERLOOP, N. (2005). The conceptions of chemistry teachers about teaching and learning in the context of a curriculum innovation. *International Journal of Science Education*, 27(3), pp. 303-322.
- WAMBA, A., JIMÉNEZ, R. y GARCÍA, E. (2000). Perfil metodológico de un profesor de educación secundaria: estudio de caso. *Investigación en la Escuela*, 42, pp. 89-97.
- WATTERS, J. y GINNS, I. (2000). Developing motivation to teach elementary science: effect of collaborative and authentic learning practices in preservice education. *Journal of Science Teacher Education*, 11(4), pp. 301-321.
- YERRICK, R., PARKER, H. y NUGENT, J. (1997). Struggling to promote deeply rooted change: the «filtering effect» of teachers' beliefs on understanding transformational views of teaching science. *Science Education*, 81(2), pp. 137-159.
- ZELLERMAYER, M. y TABAK, E. (2006). Knowledge construction in a teachers' community of enquiry: a possible road map. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 12(1), pp. 33-49.
- ZEMBAL-SAUL, C., BLUMENFELD, P. y KRAJCIK, J. (2000). Influence of guided cycles of planning, teaching, and reflection on prospective elementary teachers' science content representations. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), pp. 318-323.

[Artículo recibido en maig de 2008 y aceptado en abril de 2009]

Science Teacher Change II: Itineraries of Progression and Obstacles in Prospective Primary Teachers

PORLÁN, RAFAEL¹; MARTÍN DEL POZO, ROSA²; RIVERO, ANA¹; HARRES, JOAO³; AZCÁRATE, PILAR⁴
y PIZZATO, MICHELLE⁵

¹ Universidad de Sevilla

² Universidad Complutense de Madrid

³ Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul, Brazil

⁴ Universidad de Cádiz

⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (Brasil)

rporlan@us.es

rmartin@edu.ucm.es

arivero@us.es

joao.harres@puers.br

pilar.azcarate@uca.es

mipizzato@hotmail.com

Summary

This article is the second in a series of two. In the first, we presented the theoretical and general teacher education framework of our work. The objective of this second part is to describe the results of a specific, and therefore limited, study of prospective teachers' progression relative to three Practical Professional Problems (PPPs) which we consider essential: pupils' ideas (nature, change, detection, analysis), school content (sources, types, relationships, levels, presentation), and the methodology of Science Teaching (activities, sequences, resources).

For each of these twelve subcategories, we considered three levels of progression: one reflecting our expectation of the participants' initial conceptions (Initial Level, N1), another reflecting on our expectations about their conceptions at the end of the program (Possible Level, N2), and a third to serve as a reference level reflecting what we would consider to be desirable (Reference Level, N3).

The sample comprised five cases. In the first four we investigated all three PPPs, and in the fifth only that of methodology. The cases consisted of task groups of four to six students of initial teacher education courses in the areas of Science (4 cases) or Mathematics (1 case) teaching. Each group was selected at random, and belonged to different subjects with different teachers and contexts. The subjects being taught formed part of the TERIP model of teacher education with activities of the PCCI course (see the first article of the series).

During the courses, data were obtained at three moments –initial, intermediate, and final– for each PPP. The students' output was subjected to qualitative content analysis, allowing us to identify each group's level of progression at each of the moments. The analysis also allowed us to formulate new unforeseen levels and to detect the obstacles to progression that were present in the sample. Finally, for each category, the integration of levels of similar complexity in all the subcategories enabled us to formulate General Levels of Progression (now of a theoretical element, but based on the results of the analysis) and their associated General Obstacles, giving rise to General Itineraries of Progression.

Regarding the pupils' ideas, the General Itinerary of Progression described had three levels related to the nature and change of those ideas (Incorporation, Substitution, Construction), two related to their detection (Academic Culture, Age-group Culture), and two related to their analysis (Simple Methodology, Complex Methodology).

For school content, the General Itinerary of Progression had three levels (Simplification, Addition/Adaptation, Integration/Re-elaboration).

Finally, regarding the methodology, the General Itinerary of Progression had four levels (Intuition, Transmission, Substitution, Research).

The results point to two underlying obstacles: the pupils' ideas have no epistemic value, and scientific knowledge represents absolute truths. The teams gave proof of having overcome the former, but not the latter.

This research has enabled us to reinforce the idea that the educational conceptions of prospective primary teachers, which are largely implicit, do have a margin of explicitness, mobilization, and change within the narrow confines of their initial teacher education, especially if a Constructivist and critical approach is taken. However, it also confirmed that interventions of short duration are insufficient to overcome such deeply rooted obstacles as epistemological absolutism, and that experimentation with teaching designs in the primary classroom along with an innovative expert teacher, is indispensable for prospective teachers to verify and consolidate the consistency of their changes.

Finally, we have aimed to contribute a theoretical and practical instrument for reflection and data analysis –the General Itineraries of Progression– while being obviously aware that they are only partial and limited. For example, they describe neither the teachers' metacognitive progression nor their capacity to take on the emotional challenges involved in making a change against the current, among other aspects essential to their professional development. Therefore, these itineraries must be seen as instruments that are subject to extension, modification, and criticism in the light of the results of future studies on these and other problems, but of longer duration, and with a stronger focus on classroom practice.

