



Cambio del conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de futuros maestros

Prospective teachers' changing knowledge about teaching science

A. Rivero, E. Solís, R. Porlán
Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales
Universidad de Sevilla.
arivero@us.es, esolis@us.es, rporlan@us.es

R. Martín del Pozo
Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales
Universidad Complutense de Madrid.
rmartin@edu.ucm.es

P. Azcárate
Dpto. de Didáctica, Universidad de Cádiz.
pilar.azcarate@uca.es

RESUMEN • En este artículo se describen y analizan las propuestas elaboradas por 92 equipos de futuros maestros para enseñar contenidos concretos de ciencias al iniciar y finalizar un curso de formación inicial de orientación constructivista y tomando como referencia el modelo de investigación escolar. Para estudiar el cambio en su conocimiento acerca de la enseñanza de las ciencias se seleccionaron cuatro categorías: la presentación de los contenidos a los alumnos, la utilización didáctica de sus ideas, la secuencia metodológica seguida y la finalidad de la evaluación. Los resultados muestran que todos los equipos menos uno se sitúan al inicio en un enfoque transmisivo de la enseñanza, mientras que al final del curso 55 equipos se sitúan en transición hacia la investigación escolar con diferentes grados de progresión y 37 equipos se mantienen en el primer enfoque. En todos ellos la secuencia metodológica es la categoría que más progresa, mientras que la finalidad de la evaluación es la más resistente al cambio. Finalmente, se señalan las implicaciones en la formación inicial de maestros.

PALABRAS CLAVE: conocimiento del profesorado; contenidos escolares de ciencias; metodología de enseñanza; evaluación; enseñanza de las ciencias por investigación.

ABSTRACT • This paper describes and analyzes the proposals made by 92 teams of future teachers to teach concrete contents of science when starting and finishing an initial training course of constructivist orientation, taking as reference the model of school research. In order to study the change in their knowledge about science teaching, we have selected four categories: the presentation of the contents to the students, the didactic use of their ideas, the methodological sequence followed and the purpose of the assessment. The results show that less one team, all the others are in an initial situation in a traditional approach to teaching. However, at the end of the course, 55 teams are in transition towards school research with different degrees of progression while 37 teams continue in the first approach. In all of them the methodological sequence is the category that progresses the most, whereas the purpose of the evaluation is the most resistant to change. Finally, we indicate the implications in the initial formation of teachers.

KEYWORDS: teacher's knowledge; school contents in science; teaching methodology; assessment; teaching science by research approach.

Recepción: marzo 2016 • Aceptación: enero 2017 • Publicación: marzo 2017

Rivero, A., Martín del Pozo, R., Solís, E., Azcárate, P., Porlán, R., (2017) Cambio del conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 35.1, pp. 29-52

INTRODUCCIÓN

En la enseñanza de las ciencias existe actualmente un consenso bastante generalizado acerca de la pertinencia de adoptar un modelo de enseñanza basado en la investigación de los alumnos, debido en gran medida al fomento de esta desde los estándares de aprendizaje estadounidenses (NRC, 2000 y 2007) e impulsado por el conocido como «Informe Rocard» (Rocard *et al.*, 2007). Así, son numerosas las aportaciones que tratan de definir este enfoque (Cañal, Pozuelos y Travé, 2005; Schwarz, 2009; Crawford y Capps, 2016), conocido genéricamente en la literatura internacional como «Inquiry Based Science Education» (IBSE), del que se destacan sus potencialidades para fomentar un adecuado aprendizaje de las ciencias en distintos niveles educativos (Rennie, Goodrum y Hackling, 2001; Hmelo-Silver, Duncan y Chinn, 2007).

El desarrollo de este enfoque en la práctica requiere, como cualquier mejora educativa, que el profesorado disponga de un profundo conocimiento de su significado (Fisher *et al.*, 2012). Esto supone un importante reto en la formación, pues es frecuente que los profesores realicen interpretaciones no siempre coherentes con lo que se propone desde la investigación didáctica, tales como asemejar la enseñanza basada en la investigación con la realización de actividades prácticas (Abd-El-Khalick *et al.*, 2004), o con el seguimiento rígido de lo que consideran «el método científico» (Lederman, Lederman y Antink, 2013).

En el caso de la formación inicial, es conocido que el conocimiento de los estudiantes de Magisterio sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, influido en gran medida por sus experiencias como alumnos, suele ser próximo a un enfoque transmisivo y es difícil de cambiar (Mellado, 1998; Beswick, 2006). También es generalmente aceptado que la formación de un profesor debe estar organizada en torno a este conocimiento inicial y ha de proporcionar oportunidades para facilitar su evolución (Duit y Treagust, 2003; Ambrose, 2004; Tsai, 2006). Todo ello pone de manifiesto la importancia de conocer en detalle cómo cambia el conocimiento de los profesores en los procesos de formación, es decir, analizar, como resalta Abell (2007), qué es lo que realmente aprenden, para poder fundamentar y organizar mejor las propuestas formativas.

En la enseñanza de las ciencias está adquiriendo un importante desarrollo el estudio de las progresiones de aprendizaje de los alumnos (Duschl, Maeng y Sezen, 2011), igualmente relevante para el caso del aprendizaje profesional (Talanquer, 2014). Nuestro estudio pretende aportar resultados en esta línea. Para ello, hemos desarrollado un curso para aprender a enseñar ciencias en el Grado de Maestro de Primaria en cinco aulas de una misma universidad, con un amplio número de estudiantes de Magisterio. En este contexto, se describe y analiza el cambio en el conocimiento de los futuros maestros sobre la enseñanza de las ciencias, interpretándolo desde un enfoque de progresión de su aprendizaje.

MARCO TEÓRICO

Aunque son muchas las interpretaciones que se llevan a cabo de la enseñanza de las ciencias mediante investigación escolar, podemos asumir como características comunes a todas ellas las señaladas por Couso (2014):

- Creación de un entorno de enseñanza donde es importante el carácter práctico (observaciones, experimentos, etc.), y en el que los alumnos se plantean preguntas y obtienen datos, ya sean propios u otros ya disponibles.
- Importancia de la motivación del alumnado, otorgándole un papel protagonista y muy activo en diversos aspectos del proceso.
- Importancia de que el profesor adopte un papel de «guía» y «facilitador» de la indagación.
- Organización de la instrucción en etapas o fases, siguiendo un cierto ciclo («ciclos de aprendizaje»).

Ahora bien, también existen importantes diferencias. Una de las más criticadas en la literatura es la visión «activista» de la indagación, en la que tiene una importancia central que los alumnos realicen numerosas actividades prácticas. Esta perspectiva suele estar ampliamente presente entre el profesorado que dice enseñar ciencias mediante indagación (Windschitl, Thompson y Braaten, 2008) y entre los profesores en formación inicial (Appelton, 2005; Zembal-Saul, 2009). En este caso, se da mucha importancia a la motivación de los alumnos y a que las clases de ciencias resulten divertidas. Pero su protagonismo se reduce a su implicación en las tareas de experimentación y observación; se les pide que sean «activos», que hagan cosas prácticas, que manipulen los elementos de la realidad, que desarrollen técnicas indagatorias, pero no se pone el énfasis en que piensen, reflexionen, inventen soluciones e hipótesis, construyan modelos y debatan y negocien con los demás y con la realidad.

Otra interpretación de la indagación relativamente frecuente (aunque bastante menos que la anterior) es la visión «técnica». En este caso, las fases que se proponen en el ciclo de aprendizaje intentan emular lo que se entiende desde esta perspectiva como «método científico». Se considera que el profesor debe controlar el proceso en cada paso: proponer el fenómeno que se ha de observar, seleccionar solo las hipótesis más apropiadas y próximas al conocimiento científico, guiar la experimentación hasta el punto de ofrecer protocolos muy detallados de lo que hay que hacer y orientar la actividad para llegar a los resultados y conclusiones que tiene previsto desde el principio (Bell, Smetana y Binns, 2005), esperándose que así los alumnos lleguen a las mismas conclusiones que los científicos.

Frente a estas perspectivas, en este trabajo se entiende IBSE como una estrategia general para orientar los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias que debe ser coherente con dos supuestos epistemológicos centrales: *a*) una concepción de la naturaleza de la ciencia como un proceso de construcción de modelos explicativos de la realidad y no como el descubrimiento de las leyes de la naturaleza, y *b*) una visión socioconstructivista del aprendizaje. Estas dos ideas nos aproximan a perspectivas como la investigación basada en modelos (Schwarz, 2009; Windschitl *et al.*, 2008; Hernández, Couso y Pintó, 2014), donde «se promueve que los alumnos se impliquen en actividades indagatorias para la creación, evaluación y revisión de modelos que se pueden aplicar para entender y predecir el mundo natural» (Martínez-Chico, López-Gay y Jiménez-Liso, 2014: 160).

Como vemos, enseñar por investigación escolar es un proceso complejo que requiere que el profesorado desarrolle un conocimiento rico, profundo e integrado de cada uno de sus componentes. Especialmente, es destacable la necesidad de desarrollar un profundo conocimiento didáctico del contenido (Shulman, 1986), por su centralidad e influencia en la práctica de la enseñanza (Abell, 2008). Este conocimiento, siguiendo a Magnusson, Krajcik y Borko (1999), incluye conocimiento sobre el currículo de ciencias, la comprensión de los alumnos, las estrategias de enseñanza, la evaluación del aprendizaje y las orientaciones sobre la enseñanza de las ciencias. A este último componente se le reconoce un estatus especial, ya que incluye el conocimiento de los profesores acerca de las metas educativas y de los enfoques generales de la enseñanza de las ciencias; se destaca de él su carácter más general y su capacidad de influir en los demás componentes (Friedrichsen, Van Driel y Abell, 2011). Es decir, la visión sobre los contenidos, los alumnos, la metodología y la evaluación en la enseñanza de las ciencias, puede ser bastante distinta según la orientación que se adopte. En la figura 1 se presenta un resumen de cómo se interpretan algunas dimensiones de estos cuatro componentes según se adopte una orientación transmisiva o una basada en la investigación de los alumnos.

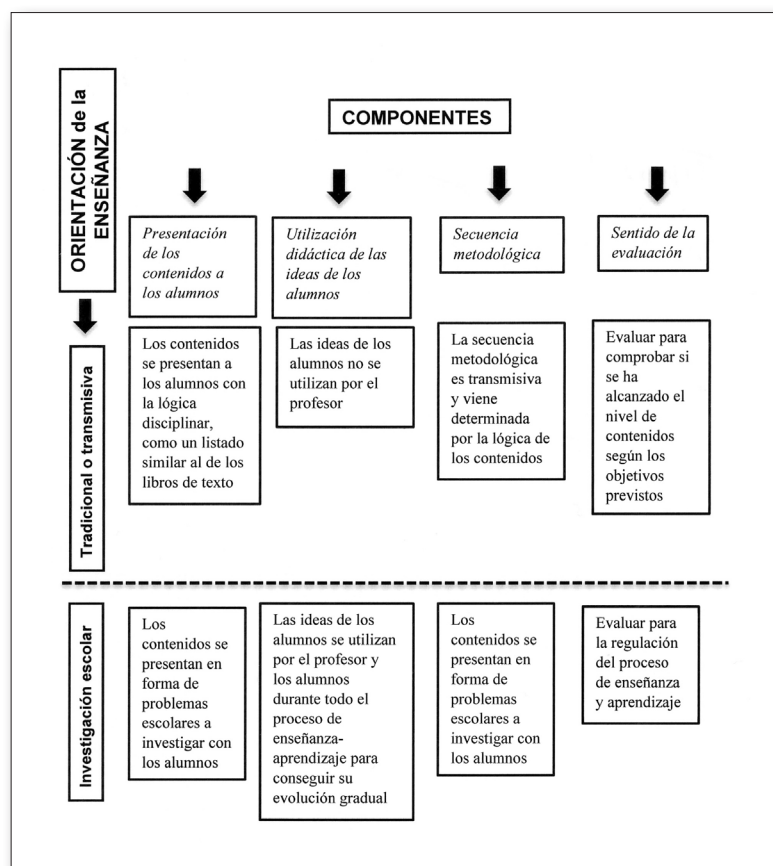


Fig. 1. Componentes del conocimiento profesional según distintas orientaciones.

Para facilitar la transición de una orientación a otra en los procesos formativos, es conveniente adoptar un enfoque coincidente con lo que Abell, Appleton y Hanuscin (2010) denominan *Reflection Orientation*. Este enfoque se basa en la creencia de que aprender a enseñar ciencias es un proceso en el que se evalúan y reformulan las propias teorías a la luz de evidencias perturbadoras. La pretensión del formador es ayudar a los futuros profesores a cambiar estas visiones ofreciendo varias oportunidades para el contraste con otras ideas y experiencias.

En cualquier caso, es conveniente tener en cuenta que, al igual que ocurre con los alumnos en el aprendizaje de las ciencias, el aprendizaje de los profesores también presenta un carácter gradual, de manera que es posible detectar niveles o estadios de conocimiento intermedios entre el nivel inicial con el que llegan a la formación y el de referencia, lo que Zembal-Saul *et al.* (2002) denominan *levels of representation* del conocimiento de los profesores. Estos niveles pueden suponer una ampliación del conocimiento en torno al fenómeno estudiado, o una reformulación o sofisticación de este y pueden secuenciarse a modo de trayectorias conceptuales o *progresiones de aprendizaje* (Duschl, Maeng y Sezen, 2011).

Son numerosas las progresiones de aprendizaje que aparecen en la literatura con relación al aprendizaje de contenidos de ciencias, pero son menos en relación con el conocimiento didáctico del contenido en ciencias, a pesar de que se entienden como de gran importancia para la formación de profesores (Schneider y Plasman, 2011; Talanquer, 2014). Nuestro estudio pretende aportar resultados en este campo, identificando niveles de aprendizaje de maestros en formación inicial acerca de la presentación de los contenidos para los alumnos, la utilización didáctica de sus ideas, la secuenciación de actividades

y la finalidad de la evaluación, a partir de la primera y última versión de un diseño para enseñar ciencias elaborado por los participantes en el curso desarrollado.

METODOLOGÍA

Contexto formativo y participantes

Este estudio se desarrolla en la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales de 9 créditos, en 2.º curso del Grado de Maestro de Primaria de la Universidad de Sevilla. El curso fue desarrollado por cinco formadores y participaron 347 estudiantes de Magisterio repartidos en 5 aulas. La mayor parte eran mujeres (90 %), de entre 18 y 25 años. Estos estudiantes tienen una formación previa en aspectos generales de Psicología, Pedagogía y Sociología de la Educación, pero no han realizado aún prácticas de enseñanza. En cada aula participaron entre 45 y 80 futuros maestros, organizados en un total de 92 equipos de trabajo de 4 a 6 componentes.

Los equipos tienen que elaborar un diseño para enseñar un contenido de ciencias a alumnos de primaria, que deberán ir reelaborando durante los diferentes momentos del curso. La evaluación de su aprendizaje se apoya en las producciones realizadas durante el curso, en las que la asistencia, la colaboración en equipo, el interés y la participación son esenciales.

El curso se organiza en torno a cinco temáticas: la ciencia como materia de enseñanza, los contenidos escolares de ciencias, las ideas de los alumnos, la metodología de enseñanza de las ciencias y la evaluación en ciencias. La figura 2 sintetiza el proceso seguido.

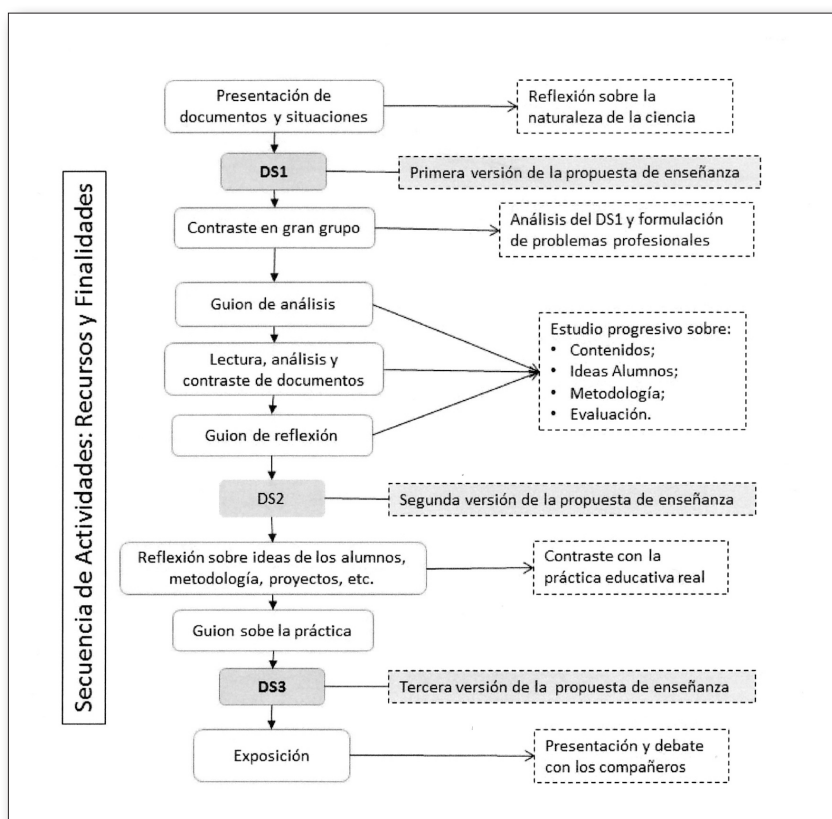


Fig. 2. Esquema del curso de formación inicial (adaptado de Solís y Lozano, 2014).

Como primera actividad, a través del análisis de situaciones y documentos, se promueve la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia, orientada hacia su papel como maestros y el significado de enseñar ciencias en primaria. A continuación, cada equipo selecciona el contenido que va a tratar e inicia su primer diseño (DS1) de una propuesta de enseñanza a partir de sus conocimientos y experiencias anteriores. Los contenidos seleccionados libremente por los equipos hacen referencia a diversas temáticas incluidas en el currículo de primaria, relacionadas con: el universo, el medio ambiente, los seres vivos, el ser humano y la salud, la materia y los inventos. Para realizar un análisis crítico de su primer diseño se les facilita un *guion de análisis* sobre los contenidos escolares, ideas de los alumnos, metodología de enseñanza y evaluación, y se realiza una puesta en común de análisis y contraste de estos primeros diseños. A partir de aquí se van tratando los diferentes elementos curriculares a través de una serie de actividades con diferentes documentos en relación con el currículo, reflexiones teóricas, ejemplificaciones, mapas conceptuales, análisis de libros de texto, problemas escolares para investigar, etc. Una vez realizadas estas actividades, se les facilita un *guion de reflexión* que recoge sus ideas fundamentales sobre el elemento curricular que se esté tratando en cada momento y las posibles mejoras en su diseño. A partir de estas reflexiones elaboran su segundo diseño (DS2) que responde a las modificaciones propuestas en el primero. Después se presentan, a través de vídeos, situaciones de la práctica real en las que se lleva a cabo una enseñanza de las ciencias basada en la investigación escolar. Se utilizan tres tipos de documentos audiovisuales: *a)* declaraciones de maestros innovadores que desde la práctica abordan cuestiones como: *¿cómo se empieza un proyecto de investigación?, ¿quién decide los proyectos?, ¿cómo evaluamos a los alumnos?, etc.*; *b)* ejemplos de actividades de aula, y *c)* secuencias completas de actividades (Rivero *et al.*, 2012). Tras su visionado, debaten sobre ello y cumplimentan un *guion de análisis de la práctica*. Por último, los equipos elaboran el tercer diseño (DS3) de la propuesta de enseñanza, que exponen y debaten con sus compañeros, haciendo hincapié en su evolución desde el primer diseño.

Problemas de investigación e instrumentos

El trabajo de investigación que presentamos es un estudio cualitativo con un enfoque de tipo descriptivo-interpretativo que intenta documentar con el máximo detalle el cambio detectado en el conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de los 92 equipos de futuros maestros que han participado en el curso descrito.

El problema central de esta investigación es: *¿Cómo cambia el conocimiento de los futuros maestros cuando participan en un curso para aprender a enseñar ciencias teniendo como referente la investigación escolar?* Y más concretamente se trata de averiguar:

- *¿Cómo presentan los contenidos a los alumnos de primaria?*
- *¿Cómo utilizan las ideas de los alumnos?*
- *¿Qué secuencia metodológica proponen?*
- *¿Qué finalidad le dan a la evaluación?*

Aunque en esta investigación se han utilizado diferentes tipos de instrumentos, para el estudio presentado en este artículo nos hemos centrado en el análisis de los diseños de enseñanza elaborados al inicio (DS1) y al final del curso (DS3), y tomaremos como sujetos de análisis el equipo de futuros maestros. Las investigaciones que utilizan documentos escritos del profesorado comparten (Solís, Porlán y Rivero, 2012): *a)* su utilización simultánea como instrumento de investigación y herramienta de formación; *b)* la coincidencia en que las producciones escritas son una potente fuente de información del conocimiento del profesorado, y *c)* su utilidad para analizar no solo el conocimiento del profesorado al inicio de un curso, sino también sus cambios y evoluciones.

Categorías, niveles de progresión y análisis de los datos

Se han analizado cuatro componentes del conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de los futuros maestros. Respecto a cada uno de ellos se han definido diferentes categorías de análisis (figura 3), aunque en este artículo se analizan las referidas a: presentación de los contenidos para los alumnos, utilización didáctica de las ideas de los alumnos, organización de la secuencia metodológica y finalidad de la evaluación.

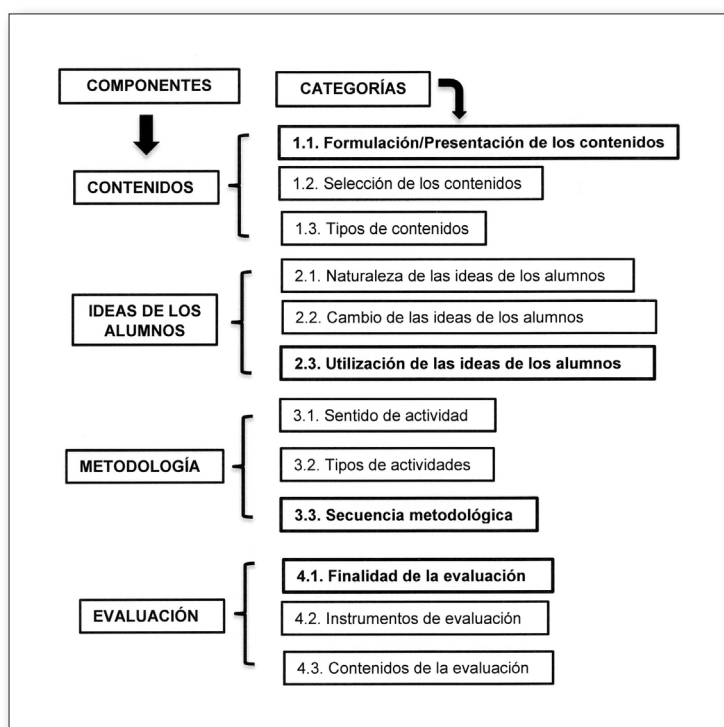


Fig. 3. Sistema de categorías (resaltadas en negrita las utilizadas en este estudio).

La selección de estas categorías obedece a que, de entre todas las analizadas, consideramos que son las que posiblemente ayuden más y mejor a definir el enfoque de enseñanza de los futuros maestros. Para cada una de ellas hemos definido inicialmente dos *niveles de formulación*, según se adopte una *orientación transmisiva o tradicional* (nivel N1) o una *orientación por investigación escolar* (nivel N3), tal como se ha señalado en el marco teórico.

Ahora bien, es esperable encontrar *niveles intermedios* que emerjan en la propia investigación desde la interacción con los datos y que reflejen el aprendizaje que experimentan los participantes en el contexto del curso.

Para el análisis de los datos, hemos realizado un análisis del contenido de los dos diseños, siguiendo el siguiente procedimiento:

- Identificación de las *unidades de información significativas* que aparecen en los dos diseños de cada uno de los 92 equipos. Para su identificación y establecimiento, se ha elegido como modelo lo que Bardin (1986) denomina *unidad de registro tipo tema*: una afirmación de significación compleja, de longitud variable, que responde no a un orden lingüístico, sino psicológico. En esta decisión ha primado la posible potencia explicativa que tiene una unidad de información de estas características, frente a una separación más fina y delimitada (Solís, Porlán y Rivero, 2012).

- Clasificación de las unidades de información de cada equipo según las cuatro categorías de análisis en uno de los *niveles de progresión* previstos inicialmente (N1 y N3). Cuando las unidades no encajaban en ninguno de los niveles previstos, se definieron niveles nuevos.
- Adjudicación de un nivel al conjunto de unidades de información de cada categoría para cada equipo, atendiendo al nivel mayoritario y/o a la coherencia interna del conjunto de las unidades referentes a una categoría.
- Validación por un sistema de triangulación, en el que el 25 % de las unidades codificadas de cada categoría fue analizado independientemente por, al menos, dos investigadores. Hubo un índice de concordancia inicial entre el 70 y el 80 % (dependiendo de las categorías). Las discrepancias se negociaron y, en el caso de no alcanzar acuerdos, se optó por la opción mayoritaria, llegando a una concordancia superior al 90 % en todas.

RESULTADOS

Para la presentación de los resultados haremos referencia a: *a)* los niveles detectados al inicio y al final del curso en cada una de las categorías estudiadas; *b)* el cambio detectado en los diseños de cada equipo en cada una de las categorías, y *c)* el perfil de los equipos teniendo en cuenta su progresión del inicio al final del curso en el conjunto de las cuatro categorías.

Niveles detectados al inicio y al final del curso

En lo que se refiere a la *presentación de los contenidos escolares* (tabla 1) los resultados indican que en el diseño inicial la mayoría de los equipos los presentan como un listado de temas coherente con un planteamiento transmisivo (nivel N1). Por ejemplo:

Vamos a presentar el tema con una breve introducción en la que explicaremos el concepto de las energías renovables nombrando sus diferentes tipos, centrándonos en tres energías que consideramos más importantes... (Equipo 43, DS1).

En el diseño final se detectan dos niveles intermedios que implican: bien presentar los contenidos en forma de preguntas o proyectos de trabajo (nivel N2), o bien propuestas que intentan hacer más atractivos los contenidos para los alumnos, aunque sin abandonar la presentación como un listado de temas (nivel N1-2). Ejemplos de uno y otro nivel son:

Lo primero que llevaremos a cabo será la presentación del tema que vamos a tratar. Para ello, no utilizaremos el libro de texto, ni unas actividades, sino que llegaremos a clase y empezaremos a comernos una manzana... plantearemos una serie de preguntas como, «Oye, y ¿qué ocurre con la manzana cuando nos la comemos?», con el fin de abrir un debate entre todos los alumnos (E29, DS3).

Para introducir el tema, pedimos a los alumnos que cierren los ojos e imaginen dónde les gustaría vivir. Yo sería la primera en exponer mi idea; por ejemplo, diría que me encantaría vivir en el mar jugando con delfines... Partiendo de esta introducción, explicaríamos qué es un ecosistema y sus características... las características de cada uno de los factores que forman el ecosistema: el medio físico y los seres vivos (E78, DS3).

Ninguno de los equipos presenta los contenidos a modo de problemas que investigar por los alumnos (nivel N3).

Tabla 1.
Porcentajes de los niveles detectados en el diseño inicial (DS1)
y final (DS3) en la categoría *Presentación de los contenidos a los alumnos*

Niveles intermedios detectados			
Nivel inicial N1	N1-2 (intermedio entre N1 y N2)	N2	Nivel de referencia N3
Los contenidos se presentan a los alumnos con la lógica disciplinar, como un listado similar al de los libros de texto	<i>La presentación de los contenidos intenta parecer más atractiva para los alumnos pero sin una formulación diferente al listado de temas</i>	<i>Los contenidos se presentan con una lógica distinta que tiene en cuenta a los alumnos, en forma de proyectos, centros de interés o preguntas abiertas</i>	Los contenidos se presentan en forma de problemas escolares a investigar con los alumnos
DS1 → DS3 70.6% → 19.6%	DS1 → DS3 26.1% → 38.0%	DS1 → DS3 3.3% → 42.4%	DS1 → DS3 ----

En la *utilización didáctica de las ideas de los alumnos* (tabla 2) se detecta que un número importante de equipos no las utilizan (nivel N1). Sin embargo, la mayoría de los equipos sí las consideran, aunque solo al inicio, especialmente para conocimiento del profesor (nivel N1-2). Por ejemplo:

En esta primera sesión el profesor realizará una recogida de ideas previas para tener un conocimiento aproximado de lo que los alumnos conocen sobre el tema, además de ayudar a detectar los errores conceptuales (E29, DS1).

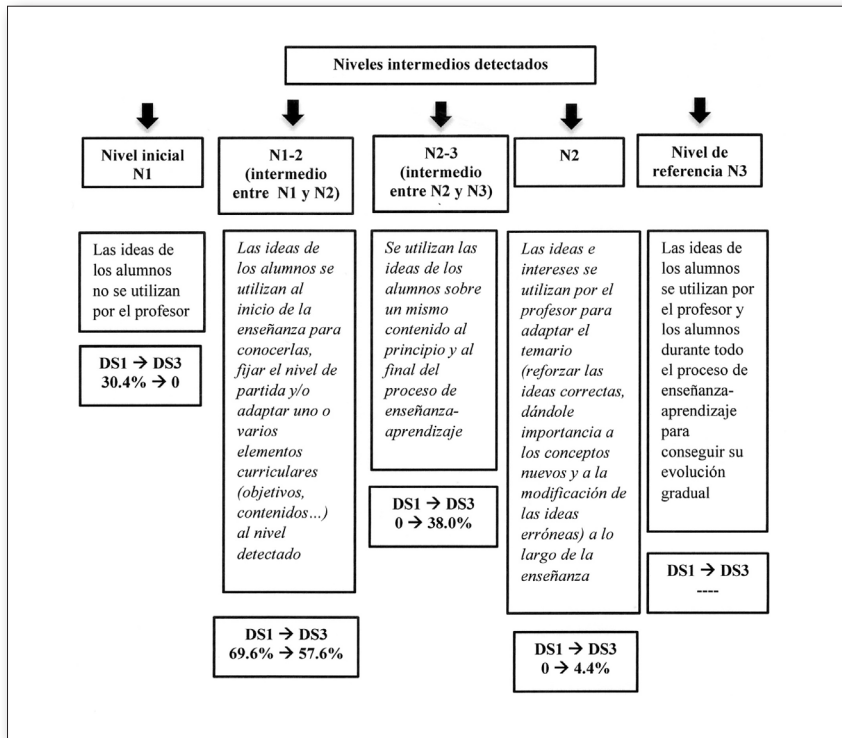
Este planteamiento también es mayoritario en el diseño final. Sin embargo, algunos equipos, en su último diseño, han llegado a utilizar las ideas de los alumnos al principio y al final del proceso (nivel N2). Por ejemplo:

Antes de comenzar la explicación realizaremos una serie de preguntas para conocer las ideas previas de los alumnos, como por ejemplo: ¿qué creéis que es el Sistema Solar?, ¿pensáis que está compuesto por algo?, ¿cuántos sistemas solares creéis que existen?, ¿podemos quitar o poner cosas en el Sistema Solar? Después de la explicación, volvemos a proponer estas preguntas de manera que los niños realicen un mural con las respuestas que creen correctas a las preguntas anteriores (E87, DS3).

De manera excepcional, encontramos en los diseños finales que algunos equipos utilizan las ideas de los alumnos a lo largo del proceso para ir adaptando la enseñanza (nivel N2-3), pero sin llegar a plantearse facilitar su evolución gradual (nivel N3). Por ejemplo:

... tras explorar inicialmente las ideas previas se comprobó que los alumnos tenían errores sobre el tema trabajado, entonces se aplican una serie de actividades de contraste para consolidar los conocimientos que queremos que los niños adquieran [...] (actividades 4 a 6). Mediante la exploración de sus ideas, comprobamos si han solucionado esos errores iniciales o no, y así decidir si se deben realizar nuevamente actividades de contraste (actividad 7) (E25, DS3).

Tabla 2.
 Porcentajes de los niveles detectados en el diseño inicial (DS1) y final (DS3) en la categoría *Utilización didáctica de las ideas de los alumnos*



La *secuencia metodológica* (tabla 3) en el diseño inicial sitúa a la mayoría de los equipos en un nivel intermedio (N1-2), en el que la transmisión de la información no es directa, sino que puede estar precedida o/y seguida de actividades de distinto tipo, con la pretensión de adecuarla en cierta medida al alumnado (por ejemplo, explorando sus ideas previas) o de implicar a este de alguna forma en el proceso (como complementando la transmisión con la búsqueda de información). Por ejemplo:

- Realización de preguntas para observar las ideas previas de los alumnos relacionadas con el tema.
- Se realizarán explicaciones orales del contenido acompañadas de ilustraciones, vídeos y ejemplos.
- Realizar ejercicios del libro de texto.
- Además, actividades más dinámicas que demanden búsqueda de información (E80, DS1).

No obstante, en los diseños iniciales también hay secuencias directamente transmisivas con actividades ordenadas teniendo solo en cuenta el orden de los contenidos (nivel N1). Por ejemplo:

- En primer lugar, haremos una breve definición sobre qué es la nutrición, la función que tiene y nombraremos los órganos relacionados con dicha función...
- A continuación, explicaremos los sistemas que intervienen en el proceso de la nutrición... (E20, DS1).

En el diseño final, las secuencias de esta naturaleza desaparecen. La mayoría de los equipos intentan superar la mera transmisión con secuencias de actividades que pretenden que los alumnos amplíen sus ideas por ellos mismos (por ejemplo, mediante búsquedas autónomas de información) o que sustituyan sus conocimientos «erróneos» por los considerados «correctos», de manera más o menos guiada (nivel N2).

- pasaremos el cuestionario de ideas previas para tener claro el punto de partida de nuestro alumnado para empezar con el tema...
- presentaremos el tema de trabajo con un vídeo motivador de la serie de «Erase una vez» que versa sobre el tiempo y sobre las variadas formas de medirlo [...] se seguirá recogiendo la información dentro de cada grupo para empezar a preparar la exposición [...]
- se realizarán las exposiciones de las investigaciones de todos los grupos (E40, DS3).

También se detecta otro nivel intermedio (N2-3) con una cierta presencia en los diseños finales y que no aparece en los diseños iniciales. Este nivel se caracteriza por secuencias de actividades organizadas en función de las ideas de los alumnos, que pretenden cambiarlas mediante procesos próximos al enfoque de investigación, aunque sin suponer aún una investigación escolar propia del nivel de referencia (N3). Por ejemplo:

- Actividad 1. A1. Lluvia de ideas con el planteamiento de un problema: ¿Cómo es el Universo? [...] A2. Mural [...] A3. Reelaboración. [...] Cada alumno deberá hacer un recuadro que ponga Ideas iniciales e Ideas correctas. Tendrán que completar la segunda parte del cuadro a medida que vaya saliendo el tema en clase.
- A4. Vídeos explicativos sobre el Universo [...] A5. Lecturas. A6. Excursión a un planetario [...] A7. Conferencia de un profesor de Física. A8. Planteamiento de preguntas relacionadas con las temáticas trabajadas para que cada grupo resuelva una y exponga el trabajo al resto de la clase. La dinámica en cada actividad es siempre la misma: tras obtener información, se trabaja en grupo sobre ella, se hace una puesta en común de lo que ha discutido cada grupo y se llegará a conclusiones globales.
- A10. Diapositivas. El profesor recogerá en diapositivas todos los resultados y conclusiones de los alumnos acerca de las actividades [...] A11. Experimento... A12. Maqueta del sistema solar [...] A13. Yincana para tratar en grupo todos los contenidos trabajados de una manera dinámica y motivadora (E2, DS3).

Tabla 3.
Porcentajes detectados en el diseño inicial (DS1)
y final (DS3) en la categoría *Secuencia metodológica*
(hay un equipo que no aporta información en su diseño inicial)

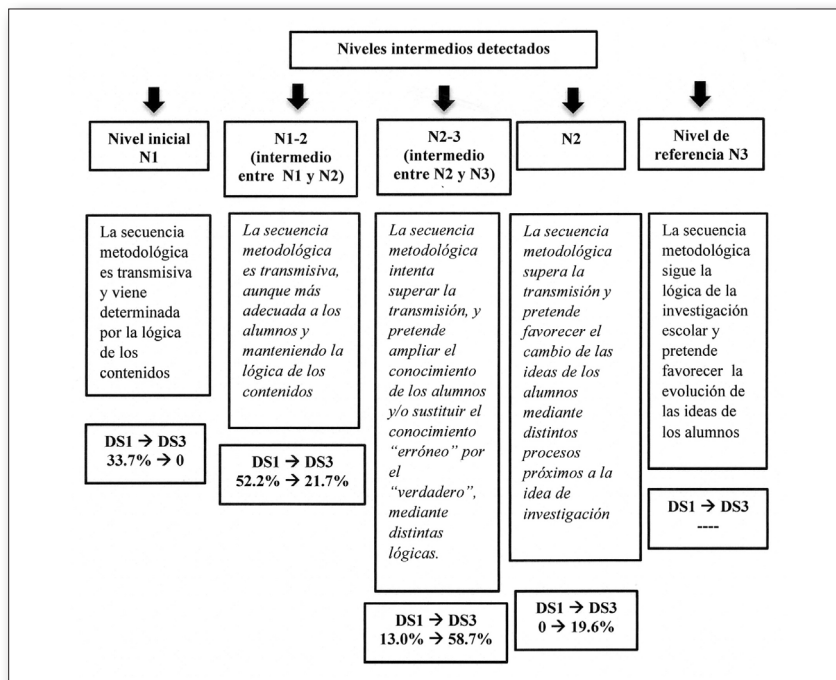
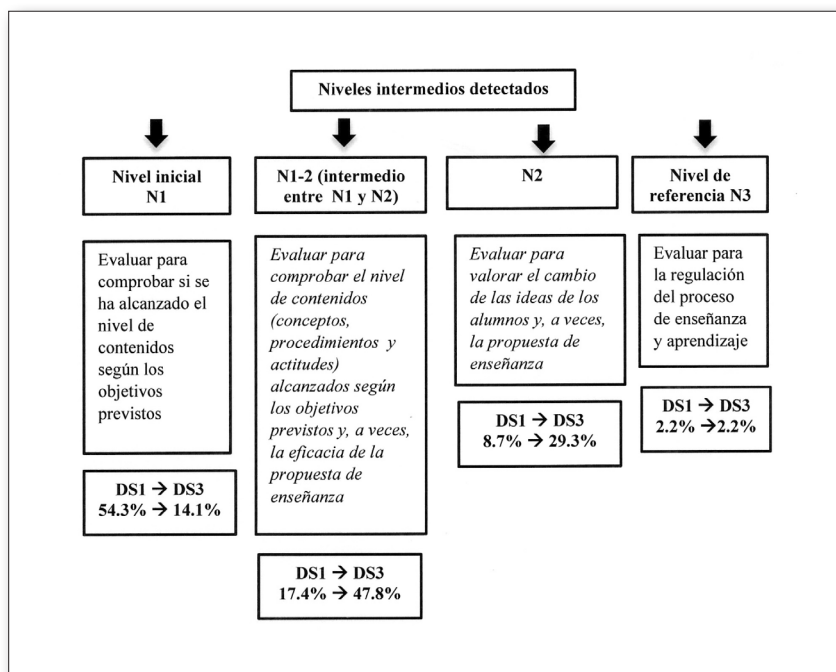


Tabla 4.
 Porcentajes de los niveles detectados en el diseño inicial (DS1)
 y final (DS3) en la categoría *Finalidad de la evaluación* (un 17,4 % de los equipos
 no aportan información sobre esta categoría en el diseño inicial y un 6,5 % en el final)



La *finalidad de la evaluación* (tabla 4) en la mayoría de los diseños iniciales es comprobar si los alumnos han alcanzado el nivel previsto (nivel N1). Por ejemplo:

Una vez dada la teoría y realizadas las actividades, procederemos a la evaluación para comprobar que todos los alumnos tengan asimilados los conocimientos... (E43, DS1).

En el diseño final, la mayoría de los equipos entienden que la evaluación tiene por finalidad comprobar el aprendizaje no solo de conceptos, sino también de procedimientos y actitudes y, en algún caso, validar la propuesta de enseñanza (nivel N1-2). Por ejemplo:

Nuestro objetivo es evaluar de una forma efectiva y real los tres tipos de contenidos que hemos planteado, para comprobar si el método que hemos seguido ha hecho que los niños y niñas aprendieran de verdad (E8, DS3).

Hay equipos que van más allá y relacionan la finalidad de la evaluación con el cambio de las ideas de los alumnos (nivel N2). Por ejemplo:

Y lo más importante, conocer qué cambios se han producido en las ideas de los alumnos: qué ideas nuevas han adquirido, cuáles han reelaborado o cuáles han dejado intactas. Para ello, el maestro deberá contrastar las ideas iniciales con los resultados de la evaluación (E1, DS3).

También se detecta equipos que no hacen referencia a la evaluación en su diseño inicial y/o final, así como dos equipos en el diseño inicial y dos en el final que se sitúan en el nivel de referencia (N3). Por ejemplo:

De este modo nuestra evaluación tendrá un carácter globalizador, formativo (mejora de los procesos), contextualizado, adaptándose a una realidad en concreto: nuestra aula y nuestros alumnos, así como de detección de posibles necesidades. Evaluamos para la toma de decisiones; para ir mejorando constantemente nuestra actuación (recordemos el carácter flexible que hemos dado a nuestro diseño-unidad didáctica) (E 62, DS3).

En resumen, en el diseño inicial los equipos tienden a situarse mayoritariamente en planteamientos cercanos al enfoque tradicional (nivel N1), si bien en cuestiones metodológicas la mayoría intentan superar la mera transmisión por el profesor de contenidos como listados de temas y utilizar las ideas de los alumnos al inicio de la enseñanza (nivel N1-2), evaluando para comprobar si los alumnos han alcanzado el nivel de conocimientos conceptuales previsto. En el diseño final, el nivel mayoritario supera el enfoque tradicional, presentando los contenidos en forma de preguntas o proyectos con una secuencia de actividades que intenta que los alumnos amplíen o sustituyan sus ideas erróneas (niveles N2). Sin embargo, se sigue planteando utilizar estas ideas solo al inicio y se evalúa para comprobar el nivel alcanzado no solo en conceptos, sino también en procedimientos y actitudes (niveles N1-2). La metodología es la categoría curricular en la que más avanzan, superando claramente el enfoque tradicional (el 85 % de los diseños iniciales eran de nivel N1 o N1-2 y el 78,3 % de los diseños finales fueron de nivel N2 o N2-3). La finalidad de la evaluación es donde menos avanzan los equipos (el 71,7 % de los diseños iniciales eran de nivel N1 o N1-2 y el 61,9 % de los diseños finales se situaron igualmente en esos niveles). La presentación de los contenidos y la utilización didáctica de las ideas de los alumnos presentan unos resultados similares entre sí (en los diseños iniciales, el 96,7 % en presentación de contenidos y el 100 % en ideas de los alumnos eran de nivel N1 o N1-2, mientras que en los diseños finales el 42,4 % en los dos casos fueron de nivel N2 o N2-3).

El cambio en los diseños de los equipos

En este apartado, una vez presentados en el punto anterior los niveles presentes al inicio y al final del curso (que reflejan el cambio general en las aulas), nos fijamos en los cambios experimentados por cada equipo (figura 4). Por lo que respecta a la *presentación de los contenidos*, la mayoría de los equipos (59 equipos; 64,13 %) progresan en su diseño, desde el clásico listado de temas que va explicando el profesor hasta la formulación de preguntas o proyectos en los que se tiene en cuenta a los alumnos, o incluyendo alguna motivación inicial antes de iniciar el listado de temas. No obstante, hay un porcentaje importante (33 equipos; 35,86 %) que se mantiene en sus planteamientos y hasta 18 equipos lo hacen en el nivel inicial.

En la *utilización didáctica de las ideas de los alumnos* la situación mayoritaria también ha sido de progresión (57 equipos; 61,9 %), sobre todo desde no utilizarlas o solo utilizarlas al inicio hasta hacerlo al inicio y al final del proceso de enseñanza-aprendizaje. Destacar que 4 equipos llegan a utilizar las ideas de los alumnos a lo largo de todo el proceso. La estabilidad tiene cierta importancia, pues 35 equipos (38 %) se mantienen considerando las ideas de los alumnos solo al inicio.

En relación con la *secuencia metodológica*, la mayoría progresa (67 equipos; 72,8 %) desde una secuencia metodológica transmisiva más o menos directa (niveles N1 o N1-2) hasta secuencias que la superan claramente (niveles N2 o N2-3). Pero también hay algunos equipos (23; 25 %) que se mantienen en sus planteamientos iniciales, si bien siempre se superan las secuencias meramente transmisivas.

Por lo que respecta a la *finalidad de la evaluación*, la mayor parte de los equipos (40; 43,47 %) progresan desde una evaluación comprobatoria del nivel conceptual hasta ampliar esa comprobación a contenidos de procedimiento y actitudes o a valorar el cambio de las ideas de los alumnos. La estabilidad también se mantiene por parte de algunos equipos (20; 21,73 %) en los diferentes niveles.

Destacar que dos equipos llegan al nivel de referencia, pero también hay cuatro equipos en los que se detecta una regresión en sus diseños.

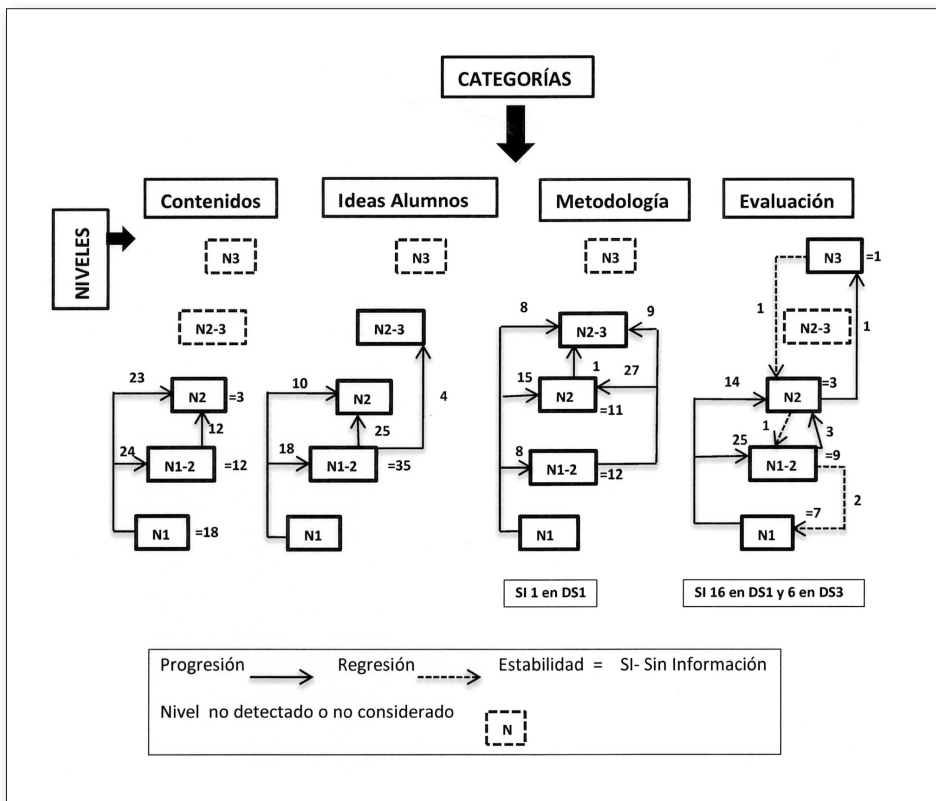


Fig. 4. Tipos de cambios del diseño inicial al final en las categorías estudiadas.

En resumen, la mayoría de los equipos progresan en las diferentes categorías, siendo mayor el progreso en la secuencia metodológica y menor en la finalidad de la evaluación. Sin embargo, un número importante de equipos se mantienen estables en alguna/s de las categorías, especialmente en un nivel intermedio (N1-2). La regresión es prácticamente irrelevante, y solo se detecta en la finalidad de la evaluación por parte de cuatro equipos.

Perfil de los equipos respecto a su nivel y progreso

Si tenemos en cuenta el conjunto de las cuatro categorías que caracterizan el diseño de cada equipo al inicio y al final del curso, se podrán obtener diferentes perfiles de equipos atendiendo al cambio que han experimentado. Para ello, los niveles N1 y N1-2 se consideran propios de un modelo de enseñanza transmisivo, más o menos evolucionado, y los niveles intermedios N2 y N2-3 se valoran como enfoques de transición hacia el modelo de investigación escolar (nivel N3). El nivel de partida y de llegada se considera *bajo*, *medio*, *alto* o *excelente* en función del número de categorías en un determinado nivel que caracterizan al diseño inicial y final, como se muestra en la figura 5. Asimismo, la progresión se establece en función del número de categorías cuyo nivel haya cambiado (*no hay* progresión en ninguna categoría, es una progresión *débil*, *media*, *notable* o hay una *fuerte* progresión si han cambiado una, dos, tres o las cuatro categorías del diseño inicial al final).

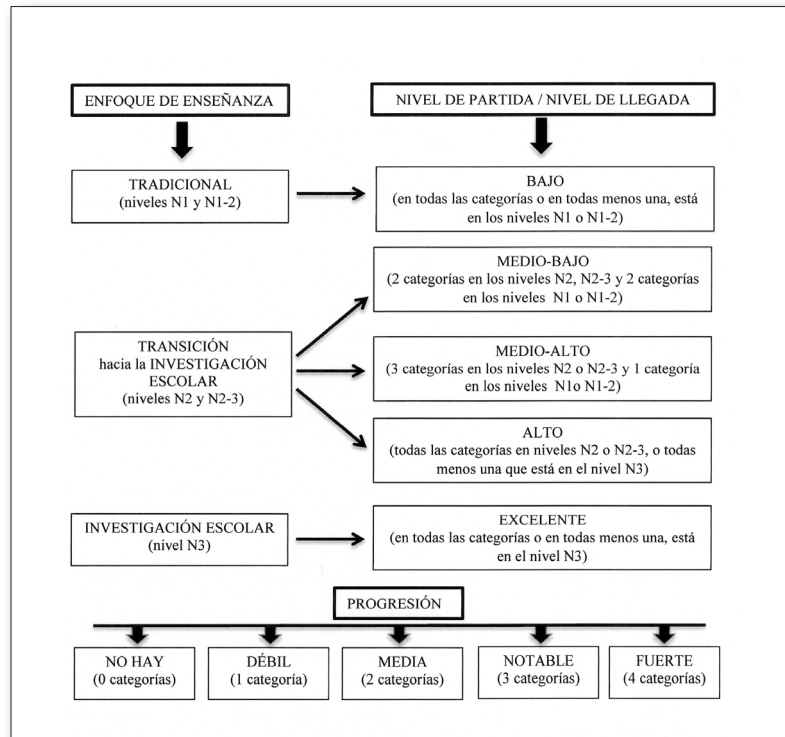


Fig. 5. Enfoques de enseñanza, niveles y tipos de progresión.

Teniendo todo ello en cuenta, en la figura 6 se indica el cambio que han experimentado los 92 equipos.

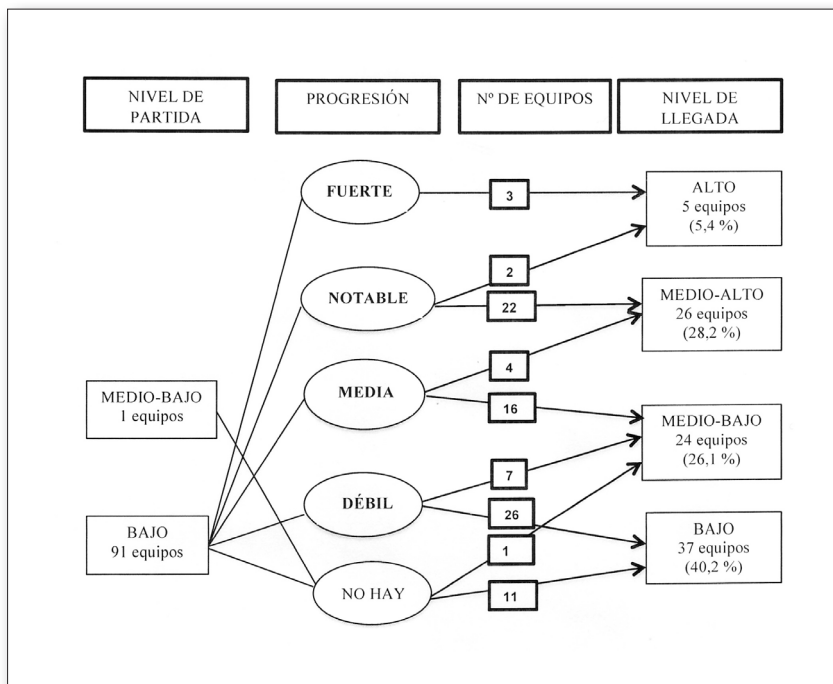


Fig. 6. Progresión de los equipos desde el diseño inicial al final.

Los cinco equipos con un nivel alto en su conocimiento final han progresado de manera fuerte o notable, situándose muy próximos a la elaboración de diseños por investigación escolar. Por ejemplo, el *equipo 29*, cuando elabora su diseño inicial para enseñar el *aparato digestivo*, realiza un cuestionario de ideas previas para saber lo que los alumnos saben del tema y explicar en consecuencia, hacen actividades de aplicación de lo explicado y, por último, un examen para saber si han aprendido lo que se pretendía enseñar. Sin embargo, en el diseño final plantean:

Después de analizar las ideas previas de los alumnos, comenzaremos a trabajar una parte del tema, concretamente el tubo digestivo, la cual introduciremos con la pregunta «¿Cuáles son las partes encargadas de digerir nuestra merienda?».

Realizamos actividades de contraste: Actividad 2: Búsqueda de información en grupos y exposición mediante un mural [...]; Actividad 3: Elaboración de una maqueta [...]; Actividad 4: Juego de simulación «el juicio de los dulces» [...]. Actividad 5: Cuestionario sobre las ideas tratadas [...]

[...]

Una vez vistas todas las partes del tema, queremos relacionarlas y trabajarlas en común en clase, para lo que haremos la actividad de los «Papelitos». Con ella, trataremos de responder a esa pregunta global «¿Qué ocurre cuando nos comemos una manzana?», teniendo en cuenta las partes del aparato digestivo, las funciones, el proceso de digestión y los tipos de digestión.

Cada alumno, en una serie de folios, deberá ir realizando su propio libro sobre lo aprendido durante el tema, incluyendo conocimientos adquiridos, actividades, curiosidades, imágenes, anécdotas durante el proyecto, etc.

Este (examen) no debe ser entendido como una mera prueba en la que se busca otorgar una calificación a los discentes para que aparezca en su expediente académico, sino como una actividad en la que se comprobará si las ideas de los alumnos han ido cambiando a lo largo del proceso de aprendizaje.

Sin embargo, los 37 equipos con un *nivel bajo*, cuyos diseños se fundamentan en un enfoque transmisivo de la enseñanza, progresaron débilmente o directamente no progresaron. Por ejemplo, el *equipo 43* realiza un diseño inicial sobre *energías renovables* en el que básicamente plantean en primer lugar explicar los contenidos, después realizar actividades del libro de texto y finalmente comprobar su asimilación, todo ello sin hacer referencia a las ideas de los alumnos. En su diseño final, los avances –que se dan en casi todas las categorías– no implican superar el enfoque transmisivo, pues se empieza por un cuestionario sobre el conocimiento de las energías renovables y, después de explicar los contenidos, de verlos en un documental o de que directamente busquen información los alumnos, se realizan actividades para ilustrar, reforzar o aplicar los contenidos, ampliándose la finalidad de la evaluación:

Sesión 2: Actividad 1: Explicación de los combustibles fósiles [...]. Actividad 2: Ejercicios [...]

[...]

Sesión 7: Actividad 1: Explicación energía eólica. Actividad 2: Construcción de un molinillo de viento.

[...]

[...] nos centraremos en las actividades más dinámicas como son los juegos de trivial, los experimentos y los murales, aquellas tareas o actividades donde se trabaje en grupo. Las demás actividades, preguntas cortas, desarrollo de las energías, etc., son reservadas para refuerzo o ampliación.

[...] hacemos una evaluación continua acerca de las actitudes, intereses y resultados de los alumnos [...] individualmente se examina de los conceptos teóricos que ha dado en el temario.

En los 50 equipos restantes, que se sitúan al final en un nivel medio, se han dado sobre todo progresiones notables y medias. No puede olvidarse que los equipos parten de un enfoque de la enseñanza muy tradicional, sobre todo en la presentación de los contenidos y la finalidad de la evaluación. Por ejemplo, el *equipo 8*, en su diseño inicial para enseñar sobre la *alimentación*, propone explicar cada

contenido (o en algunos casos los alumnos buscan información) sin hacer referencia a las ideas de los alumnos; después se realizan actividades para aplicar lo explicado y un examen escrito. En el diseño final, sus planteamientos cambian, y empiezan explorando las ideas de los alumnos:

Vamos a tratar estos contenidos después de analizar las ideas previas de los alumnos, teniendo en cuenta en qué preguntas del test que pasamos han fallado más, centrándonos en los tipos de alimentos y cuáles de estos componen la dieta saludable y la mediterránea, ya que es donde más dificultades han tenido.

Los contenidos se van presentando en forma de preguntas (*¿de dónde provienen los alimentos?, ¿cuáles son los principales tipos de alimentos?, ¿qué nos aportan los alimentos?*, etc.) sobre las que el profesor explica, busca información, realizan actividades prácticas, etc.

Sin embargo, la finalidad de la evaluación apenas cambia:

Y para evaluar y saber cómo han llegado a aumentar los conocimientos de los alumnos realizarán un examen escrito donde se introducirá un poco de contenido de cada tema tratado.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los datos presentados, en el diseño inicial elaborado por los participantes se pone de manifiesto la relevancia del modelo transmisivo (representado por los niveles N1 y N1-2) con el que los futuros maestros suelen iniciar su formación docente en ciencias, como señalan otros estudios (Wang, Kao y Lin, 2010; Cañal, Travé y Pozuelos, 2011; Pilitis y Duncan, 2012; Martínez-Chico, Jiménez y López-Gay, 2015; Vilchez y Bravo, 2015). Este es el modelo con el que han sido escolarizados y es el que hay que explicitar, analizar y tratar de cambiar con los programas de formación inicial. Sin embargo, los resultados de nuestro estudio permiten matizar que, en este caso, el modelo no es igual de «puro» en todas las categorías, ya que el nivel mayoritario es el N1 en presentación de contenidos y finalidad de la evaluación, pero es N1-2 en utilización didáctica de las ideas de los alumnos y en secuencia metodológica. Así pues, el estado inicial mayoritario representa un intento de implicar a los alumnos en la enseñanza, ya sea incluyendo actividades iniciales y puntuales de exploración de sus ideas o intereses y/o proponiendo actividades finales más abiertas e interesantes (búsquedas autónomas de información, juegos, etc.), sin cuestionar los contenidos ni la finalidad de la evaluación tradicional.

En los diseños finales se detecta una evolución de cierta importancia hacia una enseñanza centrada en el alumno (representada por los niveles N2 y N2-3 en las distintas categorías), sin que se dé un cambio radical hasta una enseñanza de las ciencias basada en la investigación. Nuestros resultados son coincidentes con lo que revela la literatura acerca de que diseñar una enseñanza de las ciencias coherente con un enfoque de investigación requiere un cambio profundo en las tareas de maestros y alumnos, que no es fácil promover en el marco de un único programa formativo. Algunas de las razones que explican esto tienen que ver con la existencia de barreras «externas» a la propia actividad formativa, como el excesivo número de estudiantes por aula o la escasa integración con la práctica docente (Porlán *et al.*, 2010; Binns y Popp, 2013). Otras, con la existencia de obstáculos «internos» relacionados con las visiones de los estudiantes de Magisterio sobre la ciencia, la investigación, la enseñanza y el aprendizaje (Haefner y Zembal-Saul, 2004; Cheng *et al.*, 2009; Porlán *et al.*, 2010 y 2011; Erickson, 2012). El aprendizaje profesional docente, además, es un proceso lento, que requiere un tiempo sustancial (Crawford *et al.*, 2014), sobre todo si, como suele ser habitual, los futuros maestros han tenido escasísimas ocasiones de experimentar por sí mismos el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias basados en la investigación (Binns y Popp, 2013).

En cualquier caso, la evolución detectada no es la misma en todas las categorías, siendo la más importante en secuencia metodológica y la menor en la finalidad de la evaluación. Más en concreto, dar

protagonismo a los alumnos haciéndolos expresar sus ideas o intereses iniciales en torno a preguntas o proyectos, ofrecer oportunidades diversas para que obtengan datos o informaciones relevantes de manera individual o colaborativa, promover que realicen síntesis de lo aprendido y que las comuniquen y evaluar el nivel de aprendizaje alcanzado tanto respecto a conceptos, como a procedimientos y actitudes, representa el aprendizaje más accesible para estos futuros maestros. Esto parece coherente con lo que resaltan Schneider y Plasman (2011) tras revisar numerosos estudios: que cuando los profesores comienzan a pensar en la investigación, se centran en la recopilación de datos; este es el eje principal del cambio.

Sin embargo, formular problemas escolares que permitan desarrollar un proceso de investigación con sentido para los estudiantes y relevante para las finalidades perseguidas, promover que los alumnos interpreten los datos e informaciones obtenidas y elaboren modelos explicativos más coherentes con la perspectiva científica, fomentando el debate conjunto, la justificación y la argumentación e implementar una evaluación para analizar la reelaboración de las ideas de los alumnos y, en función de esta, introducir mejoras en la enseñanza, se refleja de manera más minoritaria y desigual en sus diseños. Parece que algunas creencias empiristas, tales como que los datos y la información pasan a constituir directamente el conocimiento de los alumnos o que existe un conocimiento ya predeterminado y estandarizado que es exactamente el que hay que aprender, podrían suponer obstáculos difíciles de superar en este contexto. Estas ideas-obstáculo podrían estar justificando, implícitamente, que es suficiente con plantear preguntas o proyectos iniciales motivadores que justifiquen el proceso de toma de datos, que no es necesario volver a trabajar con las ideas de los alumnos tras el momento inicial o, en todo caso, es suficiente con hacerlo al final de la secuencia de actividades y que la evaluación es independiente de la enseñanza.

El escaso cambio detectado en relación con la finalidad de la evaluación es llamativo, aunque en la literatura ya se indica que la evaluación es un elemento especialmente resistente al cambio. Así lo señalan también Scheider y Plasman (2011), que resaltan los problemas detectados para que los docentes relacionen instrucción y evaluación (Kaya, 2009), como ocurre en nuestro trabajo. El estudio de Goodnough y Hung (2009) sí revela resultados positivos en este sentido, pero en el contexto de un proyecto de aprendizaje basado en problemas con profesores en ejercicio, en el que se los animó especialmente a realizar observaciones sistemáticas de los alumnos y una recogida formal de información periódica sobre sus ideas.

Si nos referimos a la trayectoria de los equipos, podemos destacar, en primer lugar, que para todas las categorías, los equipos mayoritariamente progresan entre el momento inicial y final del curso. Dicha progresión puede ser de distinto grado en las diferentes categorías, lo que apoya la visión de Bryan (2003) de que el conocimiento de los futuros maestros no requiere consensos generales en los distintos sistemas de ideas.

Por otro lado, es resaltable la importante diversidad de tipos de cambios experimentados por los equipos en función de los niveles de partida y, sobre todo, de llegada, así como de la categoría a que nos refiramos. Este es un resultado relevante, que destaca la singularidad y complejidad del aprendizaje y refuerza la necesidad de estudiar estos procesos. Tal diversidad nos ha conducido a intentar definir distintos perfiles y detectar que se han dado progresiones débiles, medias, notables y fuertes en el contexto del curso. Las menos numerosas han sido las progresiones fuertes, por un lado, lo que parece coherente con la dificultad de aproximarse sustancialmente a una enseñanza de las ciencias basada en la investigación, y las débiles, por otro, lo que podría indicar la potencialidad del curso para producir cambios. Las progresiones medias y notables son las más numerosas. También tiene una importante presencia la estabilidad, como ocurre, por ejemplo, en el estudio de Martínez-Chico, Jiménez y López-Gay (2015), en el que un tercio de los grupos no cambian después de un curso sobre enseñanza de las ciencias desarrollado en la formación inicial, cuyo referente es, asimismo, la enseñanza basada en

la investigación. Aunque pueda parecer que estos equipos no han realizado aprendizajes respecto a las categorías en las que permanecen estables, no podemos asegurar esto, pues, como señalan Psitilis y Duncan (2012) podría ser un reflejo de una falta de confianza para diseñar desde otro enfoque que empiezan a conocer, en el que no se sienten aún competentes, o una falta de confianza en que el nuevo enfoque sea más exitoso que el conocido por ellos para provocar mejores aprendizajes científicos en los alumnos. En cualquier caso, este resultado, asumido aunque no esperado ni deseado, indica la necesidad de profundizar en el estudio sobre el aprendizaje profesional y las estrategias más adecuadas para fomentarlo.

Por último, resaltamos que las cuatro categorías seleccionadas en este estudio han resultado relevantes para poner de manifiesto los aspectos en los que el aprendizaje acerca de la enseñanza de las ciencias mediante investigación escolar es especialmente complejo para estos futuros maestros. Así, los resultados obtenidos respecto a otras categorías estudiadas en el marco del proyecto de investigación del que forma parte este trabajo, tales como tipos de contenidos, o instrumentos de evaluación o tipos de actividades, muestran progresiones de importancia en un mayor número de equipos y menor diversidad en los itinerarios de cambio.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES FORMATIVAS

Estos resultados indican, en primer lugar, que es razonable pensar en términos de progresiones para analizar el conocimiento y aprendizaje profesional. Así, los niveles formulados previamente (N1 y N3), junto con los nuevos niveles inferidos de los datos (N1-2, N2 y N2-3), han permitido caracterizar los diseños elaborados por los equipos, así como los procesos de cambio.

Y, en segundo lugar, que el enfoque adoptado revela que el cambio del conocimiento de los futuros maestros ha sido gradual, sin detectarse de forma mayoritaria grandes transformaciones. Dicha evolución no se ha dado homogéneamente en los distintos componentes, siendo de mayor alcance en secuencia metodológica y menor respecto a la finalidad de la evaluación. Se ha detectado una tendencia general de progresión desde un modelo de enseñanza transmisivo no «puro» a un modelo centrado en el alumno, en transición hacia uno basado en la investigación escolar, de tendencia más «activista» que «técnica». Dentro de esta línea general, es destacable que en el momento inicial se detecta bastante homogeneidad, mientras que en el punto de llegada la diversidad es muy importante. Los itinerarios concretos de cambio que ha experimentado cada equipo son muy diversos en cantidad (número de categorías en las que experimentan cambios) y calidad (profundidad o relevancia del cambio). Esta diversidad, organizada en torno a patrones, pone de manifiesto que han ocurrido progresiones débiles, medias, notables y fuertes, siendo las medias y notables las más frecuentes. También evidencia que la estabilidad en el conocimiento de los futuros maestros ha tenido cierta importancia en este estudio.

Todo ello permite formular algunas implicaciones para la formación inicial del profesorado, entre las que destacamos:

- Los formadores debemos tener en cuenta que el aprendizaje de los futuros maestros en contextos de formación puede ser diverso y representar cierto grado de aproximación al conocimiento que se desea promover, sin que coincida con él. Es preciso, por ello, ofrecer numerosas y variadas oportunidades para su reelaboración y analizar su potencialidad para provocar cambios, como criterio ineludible para hacer propuestas de mejora.
- Optimizar el aprendizaje de los futuros maestros requiere un *feed-back* intenso entre los estudiantes y el formador. Es necesario favorecer que estos expliciten sus ideas de manera continuada y promover que reflexionen conscientemente sobre ellas.

- La formación debe centrar su atención en aquellos aspectos cuyo aprendizaje resulte más complejo para los futuros docentes y sean relevantes para producir avances significativos en su conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias mediante investigación escolar. Entre otros señalados en este estudio es preciso destacar la necesidad de prestar especial atención al papel de la evaluación como reguladora del proceso de enseñanza-aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo es parte del Proyecto I+D+i EDU2011-23551: *La progresión del conocimiento didáctico de los futuros maestros en un curso basado en la investigación y en la interacción con una enseñanza innovadora de las ciencias*, financiado por el entonces Ministerio de Ciencia e Innovación.

Los resultados de este artículo son parte del trabajo conjunto con Isabel Escrivà Colomar, Soraya Hamed Al-Lal y Lidia López Lozano, en sus planes de investigación y proyectos de tesis, enmarcados en el citado proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F., BOUJAOUDE, S., DUSCHL, R., LEDERMAN, N. G., MAMLOK-NAAMAN, R., HOFFSTEIN, A. y TUAN, H. L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), pp. 397-419.
<https://doi.org/10.1002/sce.10118>
- ABELL, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. En S. K. Abell y N. Lederman (eds.), *Handbook of Research on Science Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 1105-1149.
- ABELL, S. K. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), pp. 1405-1416.
<https://doi.org/10.1080/09500690802187041>
- ABELL, S. K., APPLETON, K. y HANUSCIN, D. (2010). *Designing the elementary science methods course*. NY: Routledge-Taylor y Francis.
- AMBROSE, R. (2004). Initiating change in prospective elementary school teachers' orientations to Mathematics teaching by building on beliefs. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 7, pp. 91-119.
<https://doi.org/10.1023/B:JMTE.0000021879.74957.63>
- APPLETON, K. (2005). *Elementary science teacher education: International perspectives*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- BARDIN, L. (1986). *El análisis de contenido*. Madrid: Akal.
- BELL, R., SMETANA, L. y BINNS, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), pp. 30-34.
- BESWICK, K. (2006). Changes in preservice teachers' attitudes and beliefs: the net impact of two mathematics education units and intervening experiences. *School Science and Mathematics*, 106(1), pp. 36-47.
<https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2006.tb18069.x>
- BINNS, I. C. y POPP, S. (2013). Learning to teach science through inquiry: experiences of preservice teachers. *Electronic Journal of Science Education*, 17(1), pp. 1-24.

- BRYAN, L. (2003). Nestedness of beliefs: Examining a prospective elementary teacher's beliefs system about science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, pp. 835-868.
<https://doi.org/10.1002/tea.10113>
- CAÑAL, P., POZUELOS, P. y TRAVÉ, G. (2005). *Proyecto curricular Investigando Nuestro Mundo. Descripción general y fundamentos*. Sevilla: Diada.
- CAÑAL, P., TRAVÉ, G. y POZUELOS, F. J. (2011). Análisis de obstáculos y dificultades de profesores y estudiantes en la utilización de enfoques de investigación escolar. *Investigación en la Escuela*, 73, pp. 5-26.
- CHENG, M. M. H., CHAN, K. W., TANG, S. Y. F. y CHENG, A. Y. N. (2009). Pre-service teacher education students' epistemological beliefs and their conceptions of teaching. *Teaching and Teacher Education*, 25, pp. 319-327.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2008.09.018>
- COUSO, D. (2014). De la moda de «aprender indagando» a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. Actas de los 26 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Huelva: Universidad de Huelva.
- CRAWFORD, B. y CAPPS, D. (2016). What knowledge do teachers need for engaging children in science practices? En J. Dori, Z. Mevarech, D. Baker (eds.), *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education*. New York: Springer.
- CRAWFORD, B. A., CAPPS, D. K., VAN DRIEL, J., LEDERMAN, N., LEDERMAN, J., LUFT, J., WONG, S., TAN, A. L., LIM, S., LOUGHRAN, J. y SMITH, K. (2014). Learning to teach science as inquiry: developing an evidence-based framework for effective teacher professional development. En N. Lederman y S. Abell (eds.), *Handbook of research on science education*. New York: Routledge, pp. 193-211.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-7281-6_12
- DUIT, R. y TREGUST, D. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), pp. 671-688.
<https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- DUSCHL, R., MAENG, S. y SEZEN, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: a review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), pp. 123-182.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2011.604476>
- ERICKSON, F. (2012). Qualitative research methods for science education. En B. J. Fraser *et al.* (eds.), *Second International Handbook of Science Education*. Springer International Handbooks of Education, pp. 1452-1473.
https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_93
- FISHER, H. E., BOROWSKI, A. y TEPNER, O. (2012). Professional Knowledge of Science Education. En B. Fraser, K. Tobin y C. McRobbie (eds.), *Second International Handbook of Science Education*, pp. 771-782.
- FRIEDRICHSEN, P., VAN DRIEL, J. H. y ABELL, S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95(2), pp. 358-376.
<https://doi.org/10.1002/sce.20428>
- GOODNOUGH, K. y HUNG, W. (2009). Enhancing pedagogical content knowledge in elementary science. *Teaching Education*, 20(3), pp. 229-242.
<https://doi.org/10.1080/10476210802578921>
- 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.
<https://doi.org/10.1080/0950069042000230709>

- HERNÁNDEZ, M. I., COUSO, D. y PINTÓ, R. (2014). Analyzing Students' Learning Progressions Throughout a Teaching Sequence on Acoustic Properties of Materials with a Model-Based Inquiry Approach. *Journal of Science Education and Technology*, 2, pp. 356-377.
<https://doi.org/10.1007/s10956-014-9503-y>
- HMELO-SILVER, C. E., DUNCAN, R. G. y CHINN, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark. *Educational Psychologist*, 42(2), pp. 99-107.
<https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- KAYA, O. N. (2009). The nature of relationships among the components of pedagogical content knowledge of preservice science teachers: «Ozone layer depletion» as an example. *International Journal of Science Education*, 31(7), pp. 961-988.
<https://doi.org/10.1080/09500690801911326>
- LEDERMAN, N. G., LEDERMAN, J. S. y ANTINK, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), pp. 138-147.
- MAGNUSSON, S., KRAJCIK, J. y BORKO, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic, pp. 95-132.
- MARTÍNEZ-CHICO, M., JIMÉNEZ, R. y LÓPEZ-GAY, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), pp. 149-166.
<https://doi.org/10498/16929>
- MARTÍNEZ-CHICO, M., LÓPEZ-GAY, R. y JIMÉNEZ-LISO, R. (2014). ¿Es posible diseñar un programa formativo para enseñar ciencias por Indagación basada en Modelos en la formación inicial de maestros? Fundamentos, exigencias y aplicación. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 28, pp. 153-173.
- MELLADO, V. (1998). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. En B. J. Fraser y K. Tobin (eds.), *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishers, pp. 1093-1105.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington, DC: The National Academies Press.
- PILITISIS, V. y DUNCAN, R. G. (2012). Changes in Belief Orientations of Preservice Teachers and Their Relation to Inquiry Activities. *Journal of Science Teacher Education*, 23(8), pp. 909-936.
<https://doi.org/10.1007/s10972-012-9303-2>
- 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., MARTÍN DEL POZO, R., RIVERO, A., HARRES, J., AZCÁRATE, P. y PIZZATO, M. (2011). El cambio del profesorado de ciencias II: Resultados y conclusiones sobre la progresión de las concepciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), pp. 413-426.
- RENNIE, L. J., GOODRUM, D. y HACKLING, M. (2001). Science teaching and learning in Australian schools: Results of a national study. *Research in Science Education*, 31, pp. 455-498.
<https://doi.org/10.1023/A:1013171905815>

- RIVERO, A., PORLÁN, R., SOLÍS, E., RODRÍGUEZ, F., HAMED, S., MARTÍN DEL POZO, R., EZQUERRA, A. y AZCÁRATE, P. (2012). *Aprender a enseñar ciencias en primaria. Actividades de formación inicial de maestros para aprender a enseñar ciencias por investigación escolar*. Sevilla: Copiarte.
- ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALBERG-HENRIKSSON, H. y HEMMO, V. (2007). *Science Education Now: A renewed Pedagogy for the future of Europe*. Belgium: European Communities.
- SCHNEIDER, M. R. y PLASMAN, K. (2011). Science teacher learning progressions: a review of science teachers' pedagogical content knowledge development. *Review of Educational Research*, 81(4), pp. 530-565.
<https://doi.org/10.3102/0034654311423382>
- SCHWARZ, C. (2009). Developing preservice elementary teachers' knowledge and practices through modeling-centered scientific inquiry. *Science Education*, 93(4), pp. 720-744.
<https://doi.org/10.1002/sce.20324>
- SHULMAN, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), pp. 4-14.
<https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- SOLÍS, E. y LÓPEZ-LOZANO, L. (2014). Progresión del conocimiento sobre el qué enseñar en ciencias de los futuros maestros: un estudio longitudinal. *XXVI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Universidad de Huelva, 25, pp. 201-208.
- SOLÍS, E., PORLÁN, R. y RIVERO, A. (2012). ¿Cómo representar el Conocimiento Curricular de los profesores de Ciencias y su evolución? *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), pp. 9-30.
- TALANQUER (2014). Conocimiento didáctico del contenido y progresiones de aprendizaje. En A. Garritz, G. Lorenzo y S. Daza-Rosales (coords.), *Conocimiento didáctico del contenido. Una perspectiva iberoamericana*. Saarbrücken (Alemania): Editorial Académica Española.
- TSAI, C. C. (2006). Reinterpreting and reconstructing science: Teachers' view changes toward the nature of science by courses of science education, *Teaching and Teacher Education*, 22(3), pp. 363-375.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2004.06.010>
- VILCHEZ, J. M. y BRAVO, B. (2015). Percepción del profesorado de ciencias de educación primaria en formación acerca de las etapas y acciones necesarias para realizar una indagación escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), pp. 185-202.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1529>
- WANG, J. L., KAO, H. L. y LIN, S. W. (2010). Preservice teachers' initial conceptions about assessment of science learning: The coherence with their views of learning science. *Teaching and Teacher Education*, 26, pp. 522-529.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2009.06.014>
- WINDSCHITL, M., THOMPSON, J. y BRAATEN, M. (2008). Beyond the scientific method: model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92, pp. 941-967.
<https://doi.org/10.1002/sce.20259>
- ZEMBAL-SAUL, C. (2009). Learning to teach elementary school science as argument. *Science Education*, 93(4), pp. 687-719.
<https://doi.org/10.1002/sce.20325>
- ZEMBAL-SAUL, C., HAEFNER, L. A., AVRAAMIDOU, L., SEVERS, M. y DANA, T. (2002). Web-based portfolios: A vehicle for examining prospective elementary teachers' developing understandings of teaching science. *Journal of Science Teacher Education*, 13, pp. 283-230.
<https://doi.org/10.1023/A:1022583432710>

Prospective teachers' changing knowledge about teaching science

A. Rivero, E. Solís, R. Porlán
Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales
Universidad de Sevilla.
arivero@us.es, esolis@us.es, rporlan@us.es

R. Martín del Pozo
Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales
Universidad Complutense de Madrid.
rmartin@edu.ucm.es

P. Azcárate
Dpto. de Didáctica, Universidad de Cádiz.
pilar.azcarate@uca.es

The study of the progress of prospective teachers' professional learning is acquiring an important place in Science Education research. Our study intends to contribute with some results in this line of research.

We have developed a course of constructivist orientation to learn how to teach science, taking as referent the model of school-inquiry based teaching and a formative approach following the line of what Abell, Appleton & Hanuscin (2010) call Reflection Orientation. The course is part of the Master's Degree in Primary Teaching, with five classes in the same university, comprising 347 students organized into 92 teams. The course is organized around five topics: science as teaching material, school science content, the pupils' ideas, science teaching methods, and assessment in science. The teams have to draft a design for teaching some particular science content to Primary pupils. Then, they have to re-draft this design during different phases of the course, based on contrasting their proposals with documents containing theoretical and practical information, scripts for reflection, and videos of inquiry-based Primary classes.

In this teacher training context, we investigated how the prospective teachers' knowledge about teaching science changed during the course. To this end, the 92 teams' proposals for teaching specific science content were collected and analysed at the beginning and the end of the course. To define our students' approach to teaching, four categories were considered in the analysis: their presentation of the content to the pupils, the didactic use of the pupils' ideas, the methodological sequence followed, and the purpose behind the assessment. For each category, we initially considered two levels of formulation depending on whether a transmissive teaching approach or a school inquiry-based orientation was adopted. However, we expected to find intermediate levels to emerge during the study resulting from interaction with the data and reflecting the learning experienced by the participants in the course.

The results reflected the importance of the transmissive model in the teams' initial designs, as has been indicated by other studies. They also showed, however, that the model was not equally «pure» for all the categories in this case. Thus, the methodological sequence showed attempts to overcome the mere transmission of the content by the teacher, and instead use the pupils' ideas at the beginning of the teaching. However, the content continued to be presented mainly as lists of topics, and is assessed to check whether or not the pupils have reached the expected level of conceptual knowledge. This is therefore an intermediate level, although still close to the transmissive model. In the final designs, we detected an evolution of a certain importance towards pupil-centred teaching (55 teams), but still without any radical change to inquiry-based science teaching. However, 37 teams remained in the transmissive model. In any case, the evolution was not the same in all categories, being the most important in the methodological sequence and the least in assessment.

Up to three intermediate levels were detected between the level represented by the transmissive approach and that represented by the inquiry-based approach. There was also a general trend of progression from a not completely «pure» transmissive teaching model to one that was pupil-centred, in transition to a school-inquiry based model. This trend was more «activist» than «technical». Nonetheless, particularly noteworthy was the diversity of types of changes that the teams underwent. This is a relevant result in that it highlights the uniqueness and complexity of these students' learning, and reinforces the need to study these processes. It implies that initial training needs to offer these prospective teachers many opportunities to re-elaborate their knowledge in continuous interchange with other teams, with innovative practices, and with the instructor, paying particular attention to issues in which difficulties against progress are detected, as was the case with the purpose behind assessment in science.