

# RESULTADOS DE UN PROGRAMA PARA LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE FÍSICA Y QUÍMICA

Iñigo Rodríguez-Arteche  
*Universidad Complutense de Madrid*

**RESUMEN:** En este trabajo, en primer lugar se caracterizan los fundamentos teóricos de los programas de *didáctica de la química* y *didáctica de la física* del Máster en Formación del Profesorado de Secundaria (MFPS) de la UCM y, seguidamente, se analiza la evolución en las creencias manifestadas por los estudiantes de dos promociones como verificación de la propuesta. Los resultados estadísticos señalan que la mayor evolución se produce en la dimensión de metodología, mientras que como obstáculo principal se encuentra la asunción de un único conocimiento verdadero al que deben tender las ideas de los escolares.

**PALABRAS CLAVE:** formación inicial del profesorado, evaluación de programas, problemas profesionales, creencias profesionales, Conocimiento Didáctico del Contenido

**OBJETIVOS:** Se desea resolver la siguiente pregunta de investigación: “¿Las creencias de los estudiantes de la especialidad de física y química del MFPS evolucionan hacia planteamientos constructivistas, como consecuencia del trabajo desarrollado en las asignaturas de Didáctica de la Química y de la Física?”

## MARCO TEÓRICO

El carácter profesionalizante del MFPS requiere que los programas formativos incluyan los llamados *conocimientos expertos docentes* y su vinculación con las creencias profesionales. Dentro de los conocimientos expertos, el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) se considera de gran utilidad para la formación inicial del profesorado (Shulman, 1986). Su carácter integrador incluye el conocimiento de los currículos científicos, la comprensión de la ciencia por parte de los estudiantes, las estrategias de enseñanza, la evaluación, las creencias profesionales y la autoeficacia de profesor (Park y Oliver, 2008).

Más allá de las diferencias sobre este constructo, el CDC es implícito, está ligado a contenidos específicos y contextos particulares, tiene naturaleza activa y dinámica, permite transformar y mejorar otros conocimientos, y empieza a construirse en la formación inicial docente (Park y Oliver, 2008; Garritz, 2013).

En este artículo presentamos una propuesta formativa para la formación de profesores de física y química, con la intención de contrastar su contribución a la construcción inicial del CDC. Para ello, asumimos la potencialidad de las *creencias* (construcciones que dirigen la acción docente) como estrategia de evaluación (Chen, Morris y Mansour, 2015). De este modo, podremos analizar la medida en que los estudiantes de máster se adhieren a planteamientos didácticos más tradicionales –transmisivos– o constructivistas –que parten de las ideas del alumno y lo consideran un verdadero sujeto

de aprendizaje– (Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1998). En este sentido, la investigación sobre el cambio en las creencias recoge resultados dispares, dependientes de las características particulares de los programas (Chen et al., 2015).

## METODOLOGÍA

Debido a la especificidad de la eficacia de las propuestas formativas para el MFPS, la investigación se plantea como estudio de caso.

### Propuesta formativa para Didáctica de la Química y Didáctica de la Física

Nuestra propuesta formativa asume los presupuestos teóricos comentados y se centra en la resolución de problemas prácticos profesionales, orientados a que grupos cooperativos de estudiantes elaboren Unidades Didácticas (Martínez-Aznar, Rodríguez-Arteche y Gómez-Lesarri, 2017). La intención es que los futuros profesores resuelvan retos, y tengan experiencias personales de aprendizaje a través de actividades escolares con metodologías de tipo indagativo (Rodríguez-Arteche y Martínez-Aznar, 2016). Los problemas profesionales abordados son los siguientes:

1. ¿Qué deberían saber y ser capaces de hacer los profesores de física y química? Es el problema inicial para trabajar a nivel individual y grupal. Además, la explicitación de las creencias docentes constituye un punto de partida en todo el desarrollo del programa.
2. ¿Cómo diseñamos nuestra Unidad Didáctica (UD)? ¿Qué elementos debe contener? Es una indagación sobre las fuentes, recursos o referentes legislativos para diseñar una propuesta didáctica. El contexto se aprovecha para introducir el Modelo para la elaboración de UD y la noción de *transposición didáctica*, a partir de un análisis de libros de texto.
3. ¿Cómo se pueden seleccionar los contenidos para diseñar una UD? El Modelo de UD, al igual que otros instrumentos para explicitar el CDC, conlleva formular los contenidos como competencias específicas contextualizadas. Para facilitar el aprendizaje de los estudiantes del Máster, se presentan ejemplificaciones de UD diseñadas por los formadores.
4. ¿Cómo se pueden *diseñar actividades de enseñanza-aprendizaje*? Los futuros profesores presentan una propuesta inicial de actividades, que modifican a medida que participan en actividades escolares propuestas en las ejemplificaciones de UD de los formadores. En el proceso, la reflexión sobre los roles del formador (profesor de didáctica) y el aprendiz (estudiante del Máster) cobra especial importancia.
5. ¿Cómo se pueden *evaluar las actividades y diseñar pruebas para una UD*? Es una indagación acerca de la finalidad y el tipo de actividades / momentos oportunos para llevar a cabo la evaluación. Se introducen los programas PISA y TIMSS como referentes sobre la competencia científica, y se presentan ejemplificaciones de actividades de evaluación.

### Contexto de la investigación y muestra

Participan los grupos-clase matriculados en las asignaturas de Didáctica de la Química y de la Física del MFPS de la UCM durante los cursos 2014/15 y 2015/16 –con los mismos formadores y programa formativo–, que suman un total de 52 estudiantes (23 mujeres y 29 hombres, edad media de 27.7 años).

### Recogida y análisis de los datos

Los datos se recaban a través de un cuestionario adaptado de otro validado y más extenso (Martínez-Aznar et al., 2001), sometido a juicio de expertos y utilizado en estudios piloto. La versión final consta

de 30 ítems a valorar en una escala del 1 –totalmente en desacuerdo– al 5 –totalmente de acuerdo–, agrupados según las siguientes dimensiones del pensamiento docente: Contenidos, Metodología («desarrollo de la enseñanza» y «participación y adaptación al alumno»), Evaluación y Percepción profesional («del rendimiento escolar» y «de la formación del profesor»).

A pesar de la existencia de modelos didácticos intermedios (Porlán et al., 1998), por conveniencia metodológica las cuestiones se plantean como una dicotomía entre los modelos tradicional y constructivista. Los futuros profesores responden el cuestionario al inicio y al final de las asignaturas, obteniéndose un Alfa de Cronbach global de valor 0.845, que indica una fiabilidad elevada del instrumento.

Para el análisis de datos, a partir de la dicotomía tradicional/constructivista del instrumento, las respuestas acordes al modelo tradicional se asignan a los valores 1 y 2, las correspondientes a un modelo constructivista a valores 4 y 5, y el 3 representa indecisión.

Para responder la pregunta de investigación, se realiza un análisis estadístico descriptivo (frecuencias, medias, desviaciones típicas) e inferencial (prueba no paramétrica de Wilcoxon,  $Z$ ). Para la última prueba, se considera como hipótesis nula que no haya diferencias significativas entre el pretest y el postest (se rechaza cuando  $p < 0.05$ ). Además, se calcula el tamaño del efecto  $r$  para cuantificar la evolución en las creencias (Field, 2009, pág. 558).

## RESULTADOS

Tras realizar el análisis de los datos, en este trabajo se presentan los resultados en relación con:

- Las creencias que presentan una mayor evolución debida a la propuesta.
- Las proposiciones en las que al final del programa los participantes no muestran acuerdos con la tendencia constructivista.
- El análisis de las seis dimensiones de forma global.

### ¿Qué creencias muestran una evolución mayor?

La Tabla 1 recoge las cuatro creencias que conllevan un mayor tamaño del efecto ( $r$ ). Se indican los porcentajes de estudiantes que se adhieren a los dos modelos didácticos, los estadísticos  $Z$  y  $r$ , y las medias (1 = tradicional, 5 = constructivista) y desviaciones típicas de los ítems.

La tabla muestra que tres de estas proposiciones corresponden a la dimensión de «desarrollo de la enseñanza», sugiriendo la adecuación del programa como catalizador de un cambio metodológico hacia propuestas más activas (no tan dirigidas en cuanto a explicaciones, apuntes cerrados o protocolos de laboratorio). Además, la proposición A sobre utilizar en el aula de las ideas de los alumnos es la que presenta un mayor tamaño del efecto de todo el cuestionario ( $r = +0.57$ ). Quizás, el aspecto de las concepciones alternativas resulta un aspecto llamativo teniendo en cuenta el bagaje científico de estos estudiantes.

### ¿En qué cuestiones no hay un acuerdo final sobre la tendencia constructivista?

La Tabla 2 (con una estructura análoga) presenta los datos para cuatro proposiciones donde en el postest, porcentajes superiores al 60% de los estudiantes siguen mostrando una tendencia de tipo tradicional. Al margen de las dimensiones particulares, se observa una cierta similitud entre sus características, que reflejan la asunción de un único conocimiento verdadero –el científico– al que deben tender las ideas de los alumnos (Porlán et al., 1998), pudiendo utilizar para ese fin actividades experimentales como «aplicación». Además, el ítem G parece sugerir la idea de un conocimiento científico dominante sobre otros tipos de conocimiento.

Tabla 1.  
Estadísticos extraídos según la adscripción al Modelo Tradicional (MT)  
o al Modelo Constructivista (MC), para los ítems con una mayor evolución

DIMENSIÓN	PROPOSICIÓN (Modelo Didáctico asociado)		PRETEST		POSTEST	
			%	$\bar{x}$ ( $\sigma$ )	%	$\bar{x}$ ( $\sigma$ )
Contenidos	A. Las ideas de los alumnos sobre los conceptos de ciencias son un conocimiento alternativo con el que hay que trabajar en clase. (MC)	MT	3.8	3.75 (0.68)	0.0	4.63 (0.48)
		MC	69.2		100.0	
		Z	-5.849*** ( $p < 0.001$ )			
		r	+0.57 (grande)			
Metodología: Desarrollo de la enseñanza	B. El trabajo de laboratorio debe ser dirigido mediante guiones o procedimientos de resolución. (MT)	MT	82.7	1.92 (0.80)	17.3	3.62 (0.94)
		MC	5.8		69.2	
		Z	-5.571*** ( $p < 0.001$ )			
		r	+0.55 (grande)			
	C. El profesor tiene que explicar los conceptos, leyes, hechos, etc., para que los estudiantes los aprendan. (MT)	MT	84.6	2.08 (0.70)	23.1	3.46 (1.05)
		MC	3.8		61.5	
		Z	-5.373*** ( $p < 0.001$ )			
		r	+0.53 (grande)			
	D. Cada tema debería explicarse siguiendo un libro de texto o apuntes claros. (MT)	MT	59.6	2.67 (0.96)	15.4	3.77 (0.97)
		MC	25.0		75.0	
		Z	-4.572*** ( $p < 0.001$ )			
		r	+0.45 (mediano)			

Tabla 2.  
Estadísticos extraídos según la adscripción al Modelo Tradicional (MT)  
o al Modelo Constructivista (MC), para los ítems resistentes al cambio

DIMENSIÓN	PROPOSICIÓN (Modelo Didáctico asociado)		PRETEST		POSTEST	
			%	$\bar{x}$ ( $\sigma$ )	%	$\bar{x}$ ( $\sigma$ )
Contenidos	E. El conocimiento científico es la forma de pensamiento objetiva y correcta. (MT)	MT	59.6	2.54 (1.05)	75.0	2.27 (1.02)
		MC	25.0		19.2	
		Z	-1.489			
		r	-0.15 (pequeño)			
	F. Los contenidos escolares de física y química deben ser próximos al conocimiento científico. (MT)	MT	90.4	1.83 (0.64)	80.8	2.13 (1.00)
		MC	1.9		13.5	
		Z	-2.011* ( $p < 0.05$ )			
		r	+0.20 (pequeño)			
Formación del profesor	G. Para ser profesor de física y química habría que ser graduado/licenciado en estas materias. (MT)	MT	61.5	2.46 (1.18)	61.5	2.40 (1.23)
		MC	26.9		26.9	
		Z	-0.498			
		r	-0.05 (despreciable)			
Desarrollo de la enseñanza	H. Las actividades experimentales en física y química deben utilizarse como aplicación de los conocimientos explicados. (MT)	MT	96.2	1.40 (0.63)	61.5	2.33 (1.34)
		MC	1.9		30.8	
		Z	-3.997*** ( $p < 0.001$ )			
		r	+0.39 (mediano)			

## ¿Cuál ha sido el comportamiento global de las seis dimensiones docentes analizadas?

La Figura 1 representa en qué medida las creencias de los estudiantes del Máster sobre las seis dimensiones se asemejan a los modelos didácticos tradicional y constructivista, al comienzo y al final.

Inicialmente, se detecta una incoherencia en los modelos didácticos de los futuros profesores, que siguiendo un planteamiento políticamente correcto defienden la necesaria «participación del alumnado» en su propio aprendizaje –trabajo por proyectos, modificación de la metodología del profesor si es menester, etc.–, pero a la vez asumen un modelo de enseñanza centrado en el profesor (ver datos del pretest en la Tabla 1, «desarrollo de la enseñanza»).

Tras el desarrollo de la propuesta, las seis dimensiones evolucionan hacia planteamientos constructivistas y principalmente la de «desarrollo de la enseñanza», resolviendo en buena medida la incoherencia de modelo antes mencionada. La dimensión de Evaluación –finalidad, indicadores, evaluación de actitudes, etc.– también muestra un cambio relevante.

Como aspecto negativo destaca la dimensión de Contenidos, que permanece en una región intermedia sugiriendo un obstáculo de tipo epistemológico sobre las características de los conocimientos científico y escolar.

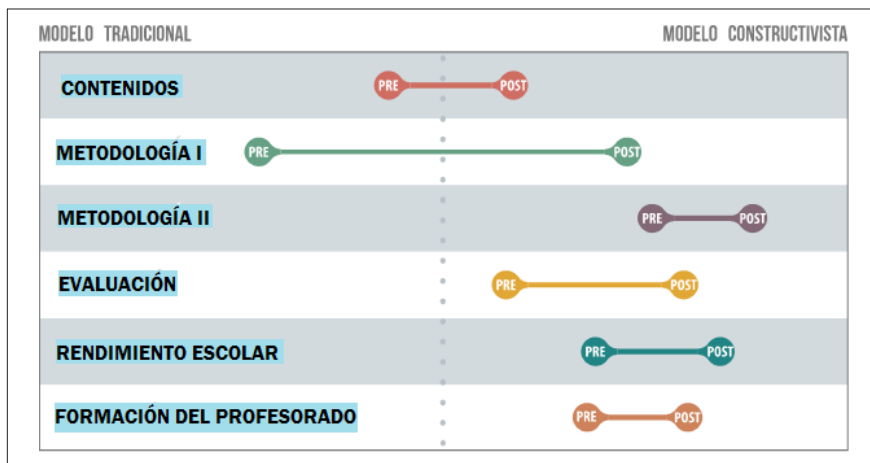


Fig. 1. Representación de la evolución en los modelos didácticos de los futuros profesores, en relación a las seis dimensiones. Metodología I: desarrollo de la enseñanza; Metodología II: participación y adaptación al alumno

## CONCLUSIONES

La investigación realizada, novedosa en el sentido de evaluar un programa muy específico (actividades, enfoque metodológico, etc.), puede dar buenas pistas para contribuir a la mejora de la formación del profesorado de Secundaria, campo para el que se reclama información sobre propuestas concretas de trabajo y los resultados que están obteniendo. El programa presentado ha resultado efectivo para modificar las creencias sobre la metodología de enseñanza hacia propuestas centradas en el alumno, pero insuficiente para abordar adecuadamente las características de los conocimientos científico y escolar. Ello sugiere la necesidad de trabajar de forma más activa la Naturaleza de la Ciencia, en estas u otras asignaturas del módulo específico del MFPS, y la importancia de continuar una labor investigativa en esta línea durante el Practicum para modificar ciertas creencias *resistentes*. Además, contemplamos incluir otros instrumentos (entrevistas, análisis de las Unidades Didácticas realizadas, etc.) para mejorar la comprensión del proceso inicial de construcción del CDC.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHEN, J.A., MORRIS, D.B. y MANSOUR, N. (2015). Science teachers' beliefs: Perceptions of efficacy and the nature of scientific knowledge and knowing. En H. Fives y M.G. Gill (Eds.), *International Handbook of Research on Teachers' Beliefs* (pp. 370–386). New York: Routledge.
- GARRITZ, A. (2013). PCK for dummies. *Educación Química*, 24, 462–465.
- FIELD, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS* (3<sup>rd</sup> ed.). London: SAGE.
- MARTÍNEZ-AZNAR, M.M., MARTÍN DEL POZO, R., RODRIGO, M., VARELA, M.P., FERNÁNDEZ, M.P. y GUERRERO, A. (2001). ¿Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de ciencias de Secundaria? *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 67–87.
- MARTÍNEZ-AZNAR, M.M., RODRÍGUEZ-ARTECHE, I. y GÓMEZ-LESARRI, P. (2017). La resolución de problemas profesionales como referente para la formación inicial del profesorado de física y química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 162–180.
- PARK, S. y OLIVER, J.S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261–284.
- 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), 271–288.
- RODRÍGUEZ-ARTECHE, I. y MARTÍNEZ-AZNAR, M.M. (2016). Introducing Inquiry-Based Methodologies during Initial Secondary Education Teacher Training Using an Open-Ended Problem about Chemical Change. *Journal of Chemical Education*, 93(9), 1528–1535.
- SHULMAN, L.S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.