

# Evaluación de una propuesta para la formación inicial del profesorado de Física y Química a través del cambio en las creencias de los participantes

Iñigo Rodríguez-Arteche <sup>1,a</sup>, M<sup>a</sup> Mercedes Martínez-Aznar <sup>1,b</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación – C.F.P., Universidad Complutense de Madrid. España.

<sup>a</sup>[inigo.rodriguez.a@gmail.com](mailto:inigo.rodriguez.a@gmail.com) <sup>b</sup>[mtzaznar@ucm.es](mailto:mtzaznar@ucm.es)

[Recibido: 15 noviembre 2016. Revisado: 7 marzo 2017. Aceptado: 23 agosto 2017]

**Resumen:** Este artículo evalúa una propuesta formativa de carácter investigativo para las asignaturas de Didáctica de la Física y de la Química del Máster en Formación del Profesorado de Secundaria (MFPS), a través del cambio en las creencias curriculares de los estudiantes. Para ello, se utiliza un cuestionario tipo Likert referido a los modelos didácticos tradicional y constructivista, y se recaba la versión final de las Unidades Didácticas (UD) realizadas a lo largo del curso. El análisis descriptivo e inferencial del cuestionario refleja una evolución significativa hacia una tendencia constructivista en la mayoría de las proposiciones, aunque se detectan ciertos obstáculos. Por su parte, las UD diseñadas resultan satisfactorias en términos del modelo didáctico defendido, si bien se observan planteamientos algo más «conservadores» que en las creencias declaradas. Finalmente, se realizan sugerencias para mejorar las características del proceso formativo.

**Palabras clave:** formación inicial del profesorado de secundaria; creencias; modelos didácticos; unidades didácticas; evaluación de programas.

## Evaluation of a proposal for initial physics and chemistry teacher training through the change in the participants' beliefs

**Abstract:** This article evaluates a learning proposal for the Physics and Chemistry Education subjects of the Spanish Master's in Secondary Education. With that purpose, we consider the change in the future teachers' curricular beliefs. In order to carry out a descriptive and inferential analysis, a Likert-type questionnaire is used, which is referred to traditional and constructivist teaching models. In addition, the final versions of the teaching units (TU) designed by the students are collected. The results of the questionnaire reflect a significant change of the participants' beliefs towards constructivist positions in most items, although some obstacles are detected. On the other hand, the designed TU are adequate in terms of the teaching model defended, even though some more «conservative» approaches are observed than in the declared beliefs. Finally, suggestions are made to improve the characteristics of the learning process.

**Keywords:** initial secondary education teacher training; beliefs; teaching models; teaching units; program evaluation.

---

**Para citar este artículo:** Rodríguez-Arteche, I. y Martínez-Aznar, M.M. (2018) Evaluación de una propuesta para la formación inicial del profesorado de física y química a través del cambio en las creencias de los participantes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15(1), 1601. doi: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2018.v15.i1.1601

---

## Introducción

En un artículo anterior (Martínez-Aznar, Rodríguez-Arteche y Gómez-Lesarri 2017), punto de partida de éste, se presenta una propuesta detallada para las asignaturas de Didáctica de la Física y de la Química del Máster en Formación del Profesorado de Secundaria (MFPS). En dicho trabajo se incorpora la temporalización específica y las actividades trabajadas en las asignaturas, organizadas en torno a problemas profesionales (Tabla 1). La fundamentación del programa reside en el constructo llamado Conocimiento Didáctico del Contenido –CDC– (Shulman 1986), que implica reelaborar el conocimiento disciplinar para que sea comprensible al alumnado. Además, se considera prioritario ofrecer vivencias de aprendizaje de tipo

constructivista (Rodríguez-Arteche y Martínez-Aznar 2016a) para favorecer una reflexión sobre metodologías innovadoras como la indagación (Pilitsis y Duncan 2012) y contrarrestar la percepción de irrelevancia de las estrategias que se pudieran presentar de forma discursiva en la formación inicial. Finalmente, los futuros profesores deben elaborar Unidades Didácticas (UD) escolares (Martínez-Aznar, Varela, Ezquerra y Sotres 2013) como producto resultante del curso.

**Tabla 1.** Problemas profesionales que articulan la propuesta para la Didáctica de la Física y de la Química.

<p><b>1.</b> <i>¿Qué deberían saber y ser capaces de hacer los profesores de física y química?</i> Es el problema inicial para trabajar a nivel individual y grupal. Además, la explicitación de las creencias conforma un punto de partida en todo el programa.</p>
<p><b>2.</b> <i>¿Cómo diseñamos nuestra Unidad Didáctica (UD)? ¿Qué elementos debe contener?</i> Es una indagación sobre las fuentes, recursos o referentes legislativos para diseñar una propuesta didáctica. Se introduce el «Modelo para la Elaboración de UD» (Martínez-Aznar <i>et al.</i> 2013).</p>
<p><b>3.</b> <i>¿Cómo se pueden seleccionar los contenidos para diseñar una UD?</i> El Modelo de UD conlleva introducir la noción de transposición didáctica y formular los contenidos como competencias específicas contextualizadas. Para facilitar el aprendizaje de los participantes, se presentan ejemplos de UD diseñadas por los formadores.</p>
<p><b>4.</b> <i>¿Cómo se pueden diseñar actividades de enseñanza-aprendizaje?</i> Las actividades de diverso tipo (indagativas, modelización, TIC...) se introducen a través de los ejemplos de UD diseñadas por los formadores siguiendo el Modelo.</p>
<p><b>5.</b> <i>¿Cómo se pueden evaluar las actividades y diseñar pruebas para una UD?</i> Es una indagación sobre la finalidad y el tipo de actividades y momentos oportunos para llevar a cabo la evaluación. Se introducen los programas PISA y TIMSS como referentes para la competencia científica.</p>

Como continuación natural del trabajo previo, surge la necesidad de evaluar hasta qué punto se consiguen los objetivos del programa. Para ello, se contemplan como criterios la posible evolución en las creencias curriculares de los estudiantes y el análisis de cómo incorporan las innovaciones presentadas a las UD que deben diseñar. Así, se pretende que el conjunto de los dos artículos contribuya al área de la formación de docentes, al aportarse una experiencia específica justificada y su contribución a la evolución en las creencias de los futuros profesores (Jiménez-Tenorio y Oliva 2016, Solís, Martín del Pozo, Rivero y Porlán 2013).

## Las creencias del profesorado de ciencias

Desde mediados del s. XX, las investigaciones sobre el profesorado y la enseñanza se han ido trasladando desde las conductas observables sobre destrezas docentes hacia el conocimiento y las creencias del profesorado, lo que se denomina genéricamente *pensamiento del profesor*. Además, la evolución de los métodos cualitativos ha permitido un cambio de marco teórico desde el conductismo hacia el cognitivism.

Las *creencias*, en ocasiones denominadas concepciones, se consideran construcciones psicológicas formadas por ideas o imágenes que dirigen las acciones docentes y actúan como referentes para interpretar nuevas situaciones (Mellado 1998, Pajares 1992). Estas construcciones se vinculan con experiencias personales, se consideran difíciles de modificar y presentan distintos niveles de análisis (Bryan 2012, Wideen, Mayer-Smith y Moon 1998): el declarativo, al interpelar a los sujetos, y el inferencial, a partir del diseño y desarrollo de la práctica docente. Ambos aspectos se desarrollan en el presente trabajo.

En lo que respecta a la preparación del profesorado, y en paralelo con las concepciones alternativas de los escolares, resulta difícil promover una formación inicial sólida si no se parte de las creencias de los participantes. Estas actúan como un filtro frente a las propuestas

formativas y constituyen referentes básicos para el desarrollo profesional (Pajares 1992, Wideen *et al.* 1998). Por ello, es conveniente considerar los llamados «modelos didácticos» con el fin de mejorar la calidad educativa, al constituir una herramienta de análisis y actuación reflexiva en el proceso de formación del profesorado (Fernández, Elortegui, Rodríguez y Moreno 2001).

La idea de los *modelos* hace referencia a maneras de entender la enseñanza y el aprendizaje que resultan de la cristalización conjunta (y en cierta parte coherente) de diferentes creencias (Pontes, Poyato y Oliva 2015). Así, aunque comprender las actuaciones concretas de los profesores puede requerir del solapamiento de las creencias de dos o más modelos didácticos, este constructo resulta útil como «puente» para relacionar la teoría y práctica de cara a la transformación educativa.

En el ámbito de las ciencias, Porlán, Rivero y Martín del Pozo (1998) se refieren a los modelos didácticos tradicional, tecnológico, espontaneista y alternativo o investigativo, mientras que Fernández *et al.* (2001) identifican el transmisor, tecnológico, artesano, descubridor y constructivista. Igualmente, para un contexto más genérico, Pozo, Scheuer, Mateos y Pérez-Echeverría (2006) consideran los modelos directo, interpretativo y constructivo. En todos los casos, se puede considerar un continuo entre el modelo tradicional (transmisor o directo) y el constructivista (alternativo), desde el «nivel de partida» esperable para muchas creencias del profesorado –por la interiorización de la cultura escolar tradicional– hasta el propio de un desarrollo profesional coherente con el conocimiento didáctico actual (Comisión Europea 2007, Porlán *et al.* 2010), pasando por distintos modelos intermedios.

Por todo ello, en este estudio consideraremos explícitamente los modelos tradicional y constructivista (Hamed, Rivero y Martín del Pozo 2016, Martínez-Aznar *et al.* 2001). El modelo didáctico *tradicional* asume que el profesor es fuente de conocimiento y tiene por misión transmitirlo a los estudiantes, por medio de explicaciones, demostraciones e ilustraciones de los contenidos científicos, para que el alumno los asimile y aplique en exámenes (Kang y Wallace 2004). Por el contrario, la visión *constructivista* concibe el aprendizaje de las ciencias como una construcción de conocimientos a partir de las ideas previas de los estudiantes (Tsai 2006). Para ello, el profesor debe planificar actividades que impliquen un cierto desafío (problemas) y permitan que el alumnado explicita y evalúe sus concepciones. Así, la función del docente es guiar e incentivar al estudiante a través de metodologías activas y colaborativas, además de facilitar una visión dinámica sobre la ciencia (Porlán *et al.* 2011).

A raíz de lo anterior, resulta comprensible que la evaluación de experiencias de formación inicial y permanente del profesorado en base al cambio de creencias –o evolución en los modelos didácticos– constituya una línea de investigación prometedora en didáctica de las ciencias. A nivel internacional, se han obtenido resultados dispares (Fives, Lacatena y Gerard 2015), fuertemente dependientes del contexto específico de intervención (Benarroch, Cepero y Perales 2013), aunque en conjunto parecen respaldarse los planteamientos investigativos que promueven la metacognición (Adadan y Oner 2014, Hashweh 2003).

En particular, recurriendo a técnicas de análisis de tipo cualitativo y cuantitativo, Pontes *et al.* (2015) y Poyato (2016) han investigado el pensamiento inicial de una muestra amplia de estudiantes del MFPS. En estos trabajos se ha detectado una coexistencia de planteamientos favorables a la transmisión-recepción, por una parte, y a la defensa del papel protagonista del alumno, por otra. Esta incoherencia en los modelos didácticos también es apuntada por Hamed *et al.* (2016) en referencia a la formación inicial de maestros.

Al término de experiencias de carácter reflexivo en el CAP (Curso de Aptitud Pedagógica), Martínez-Aznar *et al.* (2001) han encontrado que los futuros profesores de Educación

Secundaria realizan planteamientos más cercanos al modelo constructivista en la dimensión docente de «metodología», y más alejados en relación a los «contenidos» escolares y científicos. Por su parte, Fuentes, García-Barros y Martínez-Losada (2009) destacan la contribución de la formación inicial para movilizar el cambio en las creencias declaradas, aunque señalan los planteamientos contradictorios sobre la «evaluación». Más recientemente, Solís *et al.* (2013) han realizado un estudio con una muestra de 8 programas del MFPS. Sus resultados apenas muestran cambios en las creencias declaradas (salvo en la categoría de «aprendizaje» de las ciencias) y demandan estudios asociados a propuestas formativas específicas.

Asimismo, conviene detenerse en varios estudios cualitativos de carácter internacional. Harris, Phillips y Penuel (2012) y Levitt (2002), en sendos trabajos vinculados a la formación permanente, describen una evolución positiva en las creencias sobre las ideas previas de los alumnos, si bien apuntan a un cambio más relevante en lo que respecta a su explicitación que en lo referente al uso didáctico de estas concepciones. Por su parte, otros autores ponen en valor la utilidad de la inmersión desde la formación inicial en propuestas escolares indagativas (Adadan y Oner 2014) y en actividades de discusión a partir de vídeos (Tan y Towndrown 2009), además de indicar que la evolución en el pensamiento docente a menudo va precedida de «retrocesos» asociados a la novedad de las estrategias constructivistas (Pilitsis y Duncan 2012). Finalmente, Abril *et al.* (2014) han investigado las creencias asociadas al aprendizaje por investigación, describiendo dificultades para su puesta en práctica, como el diseño de las actividades o la ausencia percibida de materiales adecuados.

## Las Unidades Didácticas

Según se ha comentado previamente, otro de los criterios para observar la evolución potencial en las creencias profesionales de los futuros profesores consiste en analizar las características de las UD que deben realizar como producto final de la propuesta formativa. El diseño de UD, como conjunto de decisiones curriculares para desarrollar las temáticas de un programa en un contexto dado, supone una herramienta para articular y reflexionar sobre las distintas dimensiones del pensamiento docente (Cooper y Loughran 2015): la selección de contenidos, las metodologías a implementar en el aula, las actividades a resolver, la evaluación de los procesos de enseñanza-aprendizaje en términos de competencias, etc. Por ello, en nuestro programa el diseño de las UD juega un papel doble: por una parte, sirve de hilo conductor para la resolución de los problemas profesionales de la Tabla 1 y, por otra, permite que los grupos cooperativos de estudiantes concreten propuestas para abordar contenidos de física y química para la Educación Secundaria. Para esto último, se utiliza el «Modelo para la Elaboración de UD» (Martínez-Aznar *et al.* 2013) que incluye los siguientes apartados: 1) análisis del contexto, 2) análisis didáctico, 3) estrategias didácticas, 4) evaluación y 5) recursos didácticos.

A tenor de lo descrito, para poder reforzar la evaluación de la propuesta conviene que además de analizar las creencias declaradas, éstas se infieran de las UD realizadas por los estudiantes a lo largo de las asignaturas. En este caso, las creencias tienen un carácter más implícito, y es esperable que sean más «conservadoras» (Solís, Rivero y Martín del Pozo 2009).

En relación al análisis de UD, existen estudios como el de Friedrichsen y Dana (2005) que reflejan el carácter marcadamente propedéutico de las propuestas didácticas de un grupo de profesores muy valorados en sus centros. Para la formación inicial de profesores de Secundaria, Solís *et al.* (2009) comprueban que las UD diseñadas en el Practicum distan notablemente de propuestas vinculadas a un modelo constructivista, siendo más cercanas a un modelo didáctico tecnológico. Sin embargo, en el marco de la formación inicial de maestros, Porlán *et al.* (2011) observan que las concepciones vinculadas a las propuestas didácticas

presentan un cambio relevante en el transcurso de su programa, sin obviar que existen obstáculos –como el absolutismo epistemológico– resistentes al cambio. Entre estos, López-Lozano y Solís (2016) se centran en la dimensión de «evaluación», comprobando que las UD realizadas por un grupo de futuros maestros, aunque sí diversifican los contenidos a evaluar, no presentan una finalidad de *regulación* de los aprendizajes y de la enseñanza.

## Preguntas de investigación

Para evaluar la propuesta formativa de las asignaturas de Didáctica de la Física y Didáctica de la Química, implementada en dos grupos-clase de promociones consecutivas, se plantean dos preguntas relacionadas con las creencias manifestadas sobre los contenidos, la metodología y la evaluación, y con aquellas inferidas de las Unidades Didácticas (UD) realizadas por los estudiantes:

1. ¿Cuáles son las creencias declaradas por los participantes y cómo evolucionan a causa del programa desarrollado?
2. ¿Cuáles son los planteamientos implícitos en las UD diseñadas por los futuros profesores y su coherencia con las creencias declaradas al final de las asignaturas?

## Metodología

La investigación se engloba en la línea de evaluación de programas formativos y se plantea como estudio de caso.

## Contexto de la investigación y muestra

El estudio se ha desarrollado durante los cursos 2014/15 y 2015/16 en la Universidad Complutense de Madrid, donde los mismos formadores han implementado la propuesta ya mencionada para trabajar las asignaturas de 5 créditos ECTS de Didáctica de la Física y Didáctica de la Química –su contexto se describe en [Martínez-Aznar et al. \(2017\)](#)–. Los 52 participantes, cuyas características se muestran en la Tabla 2, pertenecen a muestras incidentales: el único grupo-clase de la especialidad de física y química del MFPS.

**Tabla 2.** Características de los estudiantes participantes en la investigación.

Curso	2014/15	2015/16
Número y edad	27 estudiantes (media: 27.7 años)	25 estudiantes (media: 27.6 años)
Sexo	10 mujeres (37%) y 17 hombres (63%)	13 mujeres (52%) y 12 hombres (48%)
Titulaciones iniciales	10 químicos (37%), 9 físicos (33%) y 8 con otras titulaciones (30%)*	10 químicos (40%), 9 físicos (36%) y 6 con otras titulaciones (24%)*
Titulaciones complementarias	8 estudiantes con otro Máster (30%) y 1 con Doctorado (4%)	8 estudiantes con otro Máster (32%) y 2 con Doctorado (8%)
Estudiantes que han tenido contacto con la docencia	18 (67%), sobre todo en academias o clases particulares	19 (76%), sobre todo en academias o clases particulares

\*Fundamentalmente son ingenieros, aunque hay varios graduados en farmacia y arquitectura.

## Recogida de datos

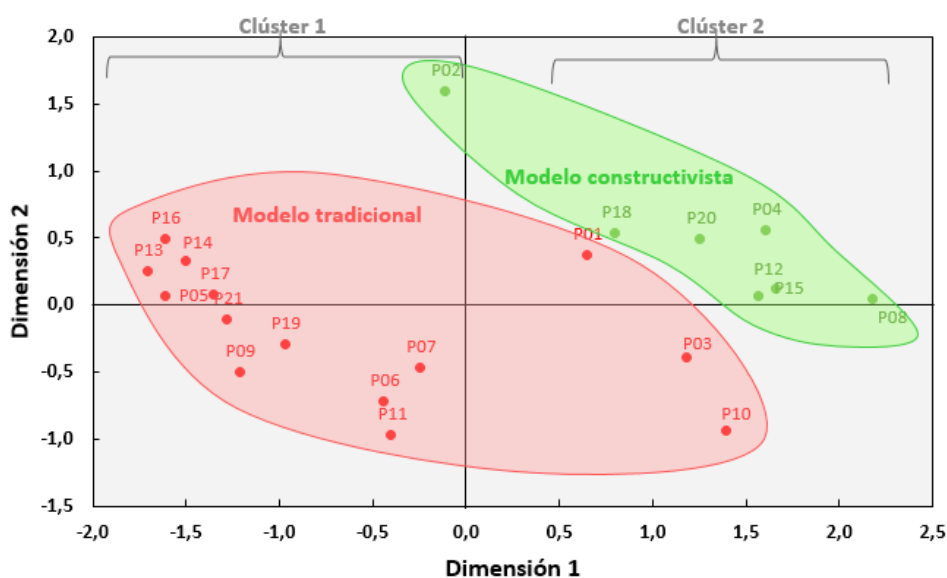
Para responder a la primera pregunta de investigación, se utiliza un cuestionario con escala de Likert del 1 (totalmente en desacuerdo) al 5 (totalmente de acuerdo) a modo de pretest y postest. Consiste en la adaptación de otro instrumento validado y más extenso (Martínez-

Aznar *et al.* 2001) elaborado en nuestra facultad para analizar las creencias del futuro profesorado al final del CAP, y con ítems enunciados como una dicotomía entre los modelos tradicional y constructivista, por conveniencia metodológica. El cuestionario actual tiene 30 ítems, de los que aquí se analizan los 21 correspondientes a las dimensiones curriculares de Contenidos, Metodología (subdividida en «desarrollo de la enseñanza» y «participación y adaptación al alumno») y Evaluación. Las proposiciones se muestran en tablas en la sección de Resultados.

La adaptación del instrumento fue sometida a juicio de expertos (4 profesores de didáctica de Física y Química) para valorar y puntuar la claridad y pertinencia de las proposiciones seleccionadas. Además, el nuevo instrumento fue utilizado en un estudio piloto con estudiantes de máster del curso previo a los aquí analizados.

Para respaldar la *validez* de los resultados, los datos recogidos permiten realizar un análisis de clúster y el escalamiento multidimensional de los ítems. Así, el método de Ward determina el número de clusters al que mejor se ajusta el conjunto de proposiciones, mientras que el algoritmo ALSCAL da lugar a la representación de los ítems en un mapa perceptual, minimizando la distancia entre aquellos percibidos como similares. Estos resultados se muestran en la Figura 1, obtenida a partir del conjunto de respuestas (pretest+postest) en las dos promociones analizadas. Se observa que para justificar los datos resultan suficientes 2 clusters, un número igual al de los modelos didácticos considerados, aunque los ítems 1-3-10 y 2 no se ajustan a las referencias. Por otra parte, el mapa perceptual en 2-D refleja que los ítems asignados a los modelos tradicional (en rojo) y constructivista (en verde) se sitúan en regiones conexas, siendo percibidos de forma similar por los estudiantes. Con ello, se avala el criterio del instrumento (Poyato 2016).

Por otro lado, para determinar la *fiabilidad* del cuestionario se calcula el coeficiente Alfa de Cronbach ( $\alpha$ ), obteniendo un valor de 0.619 en el pretest ( $n = 52$ ), otro valor de 0.695 en el postest ( $n = 52$ ) y un resultado de 0.654 agrupando ambos momentos de recogida de información ( $n = 104$ , pre+post). Estos resultados indican una fiabilidad interna suficiente, ya que están por encima del valor aceptable 0.6 (Morales, Urosa y Blanco 2003).



**Figura 1.** Validez de criterio del instrumento a partir del escalamiento multidimensional –ALSCAL– de las proposiciones (P), con los datos del pretest y el postest, y del correspondiente análisis de clúster.

En relación con la segunda pregunta de investigación, se recurre a la versión final de las UD diseñadas en equipos de estudiantes. Para simplificar el análisis, solo se consideran las 12 propuestas realizadas en 2015/16 –las valoraciones y calificaciones son muy similares en ambas promociones, por lo que se consideran materiales representativos–. Los títulos de las UD asignadas a los 6 grupos (con la misma denominación 1–6 para física y química) se muestran en la Tabla 3. Todas las UD forman parte del análisis, aunque los ejemplos presentados corresponderán a las de física.

**Tabla 3.** Unidades Didácticas (UD) diseñadas por los estudiantes durante las asignaturas de didáctica.

Grupo	UD de Física	Grupo	UD de Química
1F	Movimiento circular y movimiento armónico simple (1º Bachillerato)	1Q	Electroquímica (2º Bachillerato)
2F	Fuerzas y gravitación (4º ESO)	2Q	
3F	Movimientos rectilíneos y composición de movimientos (1º Bachillerato)	3Q	Materiales de nuestro entorno y sus aplicaciones (2º ESO)
4F	Energía (2º ESO)	4Q	Propiedades de las sustancias y enlace (4º ESO)
5F		5Q	Materiales de nuestro entorno y sus aplicaciones (2º ESO)
6F	Fuerzas y presión en los fluidos (4º ESO)	6Q	Propiedades de las sustancias y enlace (4º ESO)

### Análisis de los datos

Para analizar las respuestas al cuestionario (*primera pregunta*), la escala numérica se reconvierte. Los valores 1-2 se asignan cuando los participantes de ambas promociones muestran acuerdos con proposiciones vinculadas al modelo didáctico tradicional (o desacuerdos respecto al modelo constructivista); los valores 4-5 se consideran al defenderse las proposiciones vinculadas al constructivismo (o discrepar sobre las asignadas al modelo tradicional).

Para caracterizar las creencias iniciales y finales de los estudiantes, se calculan las frecuencias y porcentajes de respuesta en cada ítem. Se considera la adscripción de los participantes a una de las dos tendencias cuando los sujetos la señalan en una proporción al menos el doble de la otra. Además, para determinar el cambio en las creencias, se utiliza la prueba no paramétrica de Wilcoxon ( $Z$ ) para muestras relacionadas, que requiere identificar a los estudiantes y cuya hipótesis nula es que «no hay diferencias significativas entre los resultados del pretest y el postest». Se considera un nivel de confianza del 95% para rechazarla ( $p < 0.05$ ). Además, en vistas a comparar los cambios detectados (magnitud o fortaleza de las diferencias), se calcula el tamaño del efecto en cada proposición. Para ello se utiliza el estadístico:

$$r = \frac{Z}{\sqrt{n_x + n_y}}$$

siguiendo las recomendaciones de Pallant (2010) para la estadística no paramétrica. En la expresión,  $Z$  representa el estadístico de Wilcoxon, y  $n_x$ - $n_y$  el número de observaciones de las variables (resultados del pretest y postest). Así, en nuestro caso  $n_x = n_y = 52$ . Por otra parte, el tamaño del efecto se interpreta según los siguientes criterios:  $r < 0.1$ , despreciable;  $0.1 \leq r < 0.3$ , pequeño;  $0.3 \leq r < 0.5$ , mediano;  $0.5 \leq r$ , grande.

Para estudiar las UD propuestas por los participantes (*segunda pregunta*), se lleva a cabo un análisis del contenido (Bardín 1996). Para ello, se seleccionan categorías de análisis vinculadas a las dimensiones de contenidos, metodología y evaluación, que a partir de algún indicador

permiten inferir las creencias puestas en juego en el diseño de UD. Estas categorías e indicadores se muestran en la Tabla 4 y se ejemplifican en los apartados sucesivos.

**Tabla 4.** Dimensiones, categorías e indicadores de análisis para las Unidades Didácticas (UD).

Dimensiones	Categorías de análisis	→	Indicadores de análisis
<b>Contenidos. Concepciones alternativas (CA)</b>	– Revisión bibliográfica de CA relevantes (1)		1. Frecuencia <sup>A</sup>
	– CA detectadas en la UD (1 y 2)		
	– CA trabajadas en la UD (1 y 2)		2. Tipo de actividades propuestas
	– Verbalización del rol de las CA en la UD (1)		
<b>Metodología</b>	– N° de actividades en la UD		1. Frecuencia
	– Actividades en grupos (1 y 2)		
	– Actividades experimentales (1 y 2)		2. Tipo de actividades propuestas
	– Actividades con TIC (1 y 2)		
<b>Evaluación</b>	– N° de actividades de la secuencia a evaluar		1. Proporción de Co, Ca y Ac <sup>B</sup>
	– N° de actividades específicas de evaluación		
	– Indicadores de evaluación –conocimientos (Co) / capacidades (Ca) / actitudes (Ac)– (1)		2. Sistema de calificación/ponderación
	– Calificación de los aprendizajes (2)		

<sup>A</sup>La Tabla A del [Anexo](#) muestra el tipo de CA tomadas como referencia al analizar las UD. Para las frecuencias se establecen niveles: N1: pocas/ninguna ( $x < 33\%$ ), N2: algunas ( $33\% \leq x < 66\%$ ), N3: todas/casi todas ( $x \geq 66\%$ ).

<sup>B</sup>En sus UD, los estudiantes deben definir indicadores de evaluación según se establecen en la Tabla C del Anexo, basada en el «Modelo para la Elaboración de UD» (Martínez-Aznar *et al.* 2013).

Para categorizar el carácter más tradicional o constructivista de las actividades (tipo de actividades), tras un análisis preliminar de las UD se asume la distinción entre *ejercicios* y *problemas* (Caamaño 1992, Woolnough y Allsop 1985). Los primeros presentan una finalidad de aplicación de las explicaciones en distintos formatos y, en principio, se identifican como «algo que se debe saber hacer». En cambio, la resolución de problemas implica construir conocimiento para conseguir objetivos que no pueden alcanzarse de forma inmediata.

A partir de la distinción anterior, se introducen como subcategorías los ejercicios teóricos, algorítmicos y bibliográficos, por una parte, y los problemas teóricos y *prácticos*, por otra (Caamaño 1992). En el último caso, correspondiente a situaciones que integran contenidos conceptuales con procedimientos de carácter científico (hipótesis, control de variables, búsqueda de regularidades en datos cuantitativos y cualitativos, etc.), se distinguen los problemas prácticos más o menos «abiertos», según se facilite la reformulación operativa del enunciado y/o un posible protocolo de resolución (Herron 1971). Asimismo, en relación con los recursos TIC, se distingue expresamente el uso de *vídeos-animaciones*, herramientas de autocorrección (*quiz*), *laboratorios virtuales* –que permiten una mayor interactividad– y propuestas que impliquen la búsqueda y gestión de *información digital* (Ariza y Quesada 2014). La categorización final es fruto de la discusión conjunta y el consenso entre los investigadores.

## Resultados y discusión

Este apartado se organiza según las tres dimensiones de análisis consideradas. En primer lugar se presentan los resultados del cuestionario y, seguidamente, los correspondientes a las UD diseñadas por los estudiantes. Para los primeros, se recogen los % de respuestas vinculadas a los dos modelos didácticos, las puntuaciones medias (1 = modelo tradicional, 5 = modelo constructivista) y desviaciones típicas, el estadístico Z (Wilcoxon) y los tamaños del efecto  $r$ .



### Dimensión de contenidos

La Tabla 5 muestra que al comienzo de las asignaturas de didáctica los participantes manifiestan creencias de tipo tradicional en los tres primeros ítems, defendiendo la supremacía del conocimiento científico. En cambio, reconocen la necesidad de trabajar en clase con las ideas de los alumnos (ít. 4) sin considerarlas como «errores que el profesor debe eliminar» (ít. 5). Ello supone una inconsistencia en los modelos didácticos asignados para esta dimensión.

**Tabla 5.** Cambios en las creencias para la dimensión de «contenidos».

PROPOSICIÓN (modelo didáctico asociado <sup>A</sup> )	Pretest			Postest		
	%MT	%MC	$\bar{x}$ ( $\sigma$ )	%MT	%MC	$\bar{x}$ ( $\sigma$ )
1. El conocimiento científico es la forma de pensamiento objetiva y correcta. (MT)	59.6	25.0	2.54 (1.06)	75.0	19.2	2.27 (1.03)
			$Z = 1.489^B$ $r = -0.15$ (pequeño) <sup>C</sup>			
2. Los contenidos escolares son una forma peculiar de conocimiento, distinta al conocimiento científico y al conocimiento ordinario. (MC)	57.7	26.9	2.62 (1.03)	32.7	65.4	3.48 (1.11)
			$Z = 3.549^{***}$ $r = +0.35$ (mediano)			
3. Los contenidos escolares de física y química deben ser próximos al conocimiento científico. (MT)	90.4	1.9	1.83 (0.65)	80.8	13.5	2.13 (1.01)
			$Z = 2.011^*$ $r = +0.20$ (pequeño)			
4. Las ideas de los alumnos sobre los conceptos de ciencias son un conocimiento alternativo con el que hay que trabajar en clase. (MC)	3.8	69.2	3.75 (0.68)	0.0	100.0	4.63 (0.49)
			$Z = 5.849^{***}$ $r = +0.57$ (grande)			
5. Las ideas de los alumnos sobre los conceptos de ciencias son errores que el profesor debe eliminar. (MT)	15.4	63.5	3.54 (0.83)	21.2	67.3	3.69 (1.11)
			$Z = 0.962$ $r = +0.09$ (despreciable)			

<sup>A</sup>Proposiciones vinculadas al modelo tradicional (MT) y al modelo constructivista (MC).

<sup>B</sup>\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$  y \*\*\* $p < 0.001$ . <sup>C</sup>Avances (+) y retrocesos (−) respecto a la visión constructivista.

Al término del programa, la visión tradicional de los ítems 1 y 3 mantiene un respaldo mayoritario pero, paralelamente, se produce un cambio significativo en ítem 2 ( $r = 0.35$ ), que reconoce la peculiaridad del conocimiento escolar. Además, el ítem 4 sobre el trabajo con las ideas previas es el que presenta el mayor tamaño del efecto de todo el cuestionario ( $r = 0.57$ ), con el 100% de las respuestas a favor de su utilización. Con ello se pone de manifiesto que el aspecto de las concepciones alternativas resulta ser uno de los contenidos al que los futuros profesores otorgan una mayor relevancia, quizás por ser un aspecto novedoso y llamativo teniendo en cuenta su bagaje científico.

Creemos que el haber realizado un trabajo sobre concepciones alternativas en las UD ejemplificadas y solicitado la resolución de pruebas sobre estas ideas ha favorecido una reflexión fructífera –en mayor medida que a través del CAP de nuestra universidad (Martínez-Aznar *et al.* 2001)–. Sin embargo, aunque en el ítem 5 el 67.3% de las respuestas sean de tipo constructivista, un resultado más positivo que el del estudio postest de Solís *et al.* (2013) con una muestra de 8 facultades, el efecto de la propuesta en esta proposición no ha sido el esperado ( $r = 0.09$ ). En esta línea, otros autores también han detectado que el conocimiento sobre las ideas previas no implica necesariamente una visión constructivista sobre el modo de trabajarlas (Levitt 2002), y que a menudo el profesorado se inclina por estrategias centradas en el docente para abordarlas (Harris *et al.* 2012). Además, se ha llegado a proponer como obstáculo la concepción de la ciencia como «conocimiento verdadero» (Porlán *et al.* 2011), hecho que encaja bien con nuestros resultados.

A continuación, se aborda el tratamiento de las concepciones alternativas (CA) en las UD presentadas al final de las asignaturas. Para ello, se indica la proporción de CA descritas en la Tabla A del Anexo que los futuros profesores *i)* incluyen en su análisis didáctico previo (como revisión bibliográfica), *ii)* pueden diagnosticar en las actividades propuestas y, *iii)* consideran en actividades que permiten reestructurarlas o sustituirlas. Además, respecto a las CA consideradas expresamente, se indica la frecuencia con que los estudiantes verbalizan la relación de las actividades con el trabajo sobre estas concepciones. Todo ello se plantea en la Tabla 6 a partir de frecuencias de logro por niveles (N1:  $x < 33\%$ , N2:  $33\% \leq x < 66\%$ , N3:  $x \geq 66\%$ ). En particular, la tabla detalla las actividades propuestas en las UD de física.

**Tabla 6.** Análisis sobre los «contenidos» de las UD a partir de las concepciones alternativas.

UD	¿Se incluyen en el análisis didáctico?	¿Se diagnostican?	Modo de detectarlas	¿Se trabajan en las actividades	Actividades para trabajarlas <sup>A</sup>	¿Se justifica su papel?
1F	todas/ casi todas N3	algunas N2	Clasificación de fenómenos. Representación de vectores. Predicciones. Problemas abiertos	todas/ casi todas N3	2 ejercicios teóricos 2 problemas – abiertos 1 problema + abierto	a veces N2
2F	todas/ casi todas N3	todas/ casi todas N3	Tests. Dibujos esquemáticos. Paradojas. Mapas conceptuales	pocas/ ninguna N1	1 ejercicio teórico 1 ejercicio algorítmico	nunca/ casi nunca N1
3F	algunas N2	todas/ casi todas N3	Paradojas. Dibujos esquemáticos. Verdadero/falso	todas/ casi todas N3	1 ejercicio teórico 2 problemas teóricos 1 problema – abierto	a veces N2
4F	todas/ casi todas N3	todas/ casi todas N3	Tests. Verdadero/falso. Explicación de fenómenos	todas/ casi todas N3	1 ejercicio teórico 1 problema teórico 1 problema + abierto	nunca/ casi nunca N1
5F	todas/ casi todas N3	algunas N2	Tests. Mapas conceptuales. Identificación de magnitudes	algunas N2	1 ejercicio algorítmico 1 problema teórico	nunca/ casi nunca N1
6F	todas/ casi todas N3	algunas N2	Tests. Representación de vectores. Paradojas	algunas N2	1 ejercicio algorítmico 2 problemas teóricos	a veces N2
1F–6F	$\bar{N} = 2.8$	$\bar{N} = 2.5$	—	$\bar{N} = 2.3$	42% T 58% C	$\bar{N} = 1.5$
1Q–6Q	$\bar{N} = 2.3$	$\bar{N} = 2.2$	—	$\bar{N} = 2.5$	43% T 57% C	$\bar{N} = 1.8$
<b>Global</b>	$\bar{N} = 2.6$	$\bar{N} = 2.3$	—	$\bar{N} = 2.4$	<b>43% T 57% C</b>	$\bar{N} = 1.7$

<sup>A</sup> Se distinguen las actividades de corte tradicional (T) y constructivista (C), «ejercicios» y «problemas», respectivamente.

Según se observa, los grupos cooperativos realizan análisis didácticos previos muy completos, y a través de la revisión de fuentes bibliográficas incluyen la mayor parte de las CA referidas a los temas y niveles escolares a abordar (el nivel medio es 2.6, ver Tabla 6). Este análisis inicial parece favorecer el diseño de actividades variadas para detectar las CA ( $\bar{N} = 2.3$ ), que podrían ejercer de referente en la propuesta didáctica. Igualmente, las actividades de las UD incluyen el trabajo sobre una buena parte de las CA mostradas en el Anexo ( $\bar{N} = 2.4$ ). Sin embargo, aquí conviene notar que en muchos casos (43% de las actividades para modificar las CA) los futuros profesores realizan propuestas de corte tradicional y aplicativo –ejercicios–. En ocasiones, se utilizan instrucciones claras seguidas de ejercicios algorítmicos (aplicación de fórmulas, comprobaciones con laboratorios virtuales, actividades experimentales muy

dirigidas), al igual que vídeos explicativos con cuestiones teóricas finales –como sustituto más atractivo de la clase magistral–.

En todo caso, el 57% de las actividades para trabajar las CA se vinculan a propuestas constructivistas, con problemas teóricos y prácticos como los de la Tabla B del [Anexo](#). Por ello, estos resultados parecen guardar una coherencia notable con las creencias profesionales declaradas en los ítems 4 y 5 de la Tabla 5. La práctica totalidad de los participantes otorga una gran importancia a la inclusión de las ideas previas de los escolares en las UD –al menos a un nivel de detección–, aunque a veces se proponen actividades centradas en el profesor para sustituirlas por el conocimiento científico (Porlán *et al.* 2011). Asimismo, estos resultados se asemejan a otros ya mencionados sobre la formación permanente del profesorado (Harris *et al.* 2012, Levitt 2002), que señalan que la comprensión sobre el uso didáctico de las concepciones alternativas resulta algo más limitada (Morrison y Lederman 2003).

Finalmente, la justificación verbal del uso de las CA en las actividades es la categoría que obtiene peores resultados ( $\bar{N} = 1.7$ ). Las ocasiones en que se explicita el papel jugado por las CA en las UD, con comentarios como los siguientes, son escasas.

«Con esta actividad se pretende identificar las concepciones alternativas de los alumnos sobre las fuerzas implicadas en el movimiento circular... (1F)»

«En esta actividad se estudia la presión dentro de los fluidos. Además, se persigue que nuestros alumnos construyan conocimiento, a partir de las concepciones alternativas sobre las variables que influyen a la presión hidrostática. (6F)»

### Dimensión de metodología

En relación con la metodología docente, la Tabla 7 muestra diferencias evidentes entre el *desarrollo de la enseñanza* y la *participación y adaptación al alumno* al inicio del programa. En el primer caso, las creencias de los participantes son mayoritariamente tradicionales, mientras que en el segundo son próximas al constructivismo, un planteamiento ambiguo similar al detectado por otros autores en el MFPS (Pontes *et al.* 2015, Poyato 2016) y en la formación inicial de maestros (Hamed *et al.* 2016), que podría justificarse por la «corrección política» de los estudiantes hacia propuestas didácticas participativas aunque, a la par, se desconozcan sus rasgos esenciales. Así, los resultados del pretest apuntan a acuerdos sobre la participación del alumnado en su propio aprendizaje (ít. 12), la conveniencia de trabajar mediante proyectos o pequeñas investigaciones (ít. 14) o en modificar la metodología del profesor si el alumnado lo demanda (ít. 15). Sin embargo, paralelamente los grupos defienden la consigna «el profesor explica, el alumno aprende» (ít. 6), la necesidad de recurrir a libros de texto o apuntes claros (ít. 9), que el trabajo de laboratorio esté dirigido mediante guiones (ít. 11) y que sirva como aplicación de los conocimientos (ít. 10).

En cambio, al término del programa la incoherencia del modelo didáctico de los estudiantes parece resolverse en buena medida, pues gran parte de las concepciones sobre el «desarrollo de la enseñanza» transitan a visiones constructivistas, o al menos a posturas de indecisión. En esta categoría se obtienen avances significativos en 5 de los 6 ítems, como se observa en la Tabla 7. Parece superarse la consigna del ítem 6 ( $r = 0.53$ ), así como la noción de profesor como transmisor de un conocimiento histórico (ít. 7,  $r = 0.39$ ) aunque aquí con mayor inseguridad. Además, en el postest no se considera necesario limitar el trabajo de laboratorio al seguimiento de guiones (ít. 11,  $r = 0.55$ ), ni que los apuntes o libros de texto sean indispensables para tratar los temas (ít. 9,  $r = 0.45$ ). Sin embargo, a pesar de estos datos y de que el ítem 10 también conlleve un cambio significativo (con  $r = 0.39$ ), los futuros profesores

parecen contemplar el trabajo experimental como *aplicación* de los aprendizajes, posiblemente por la influencia de sus titulaciones previas (Madsen, McKagan y Sayre 2015).

**Tabla 7.** Cambios en las creencias para la dimensión de «metodología», sobre el desarrollo de la enseñanza (ítems 6-11) y la participación y adaptación al alumno (ítems 12-17).

PROPOSICIÓN (modelo didáctico asociado <sup>A</sup> )	Pretest			Postest		
	%MT	%MC	$\bar{x}$ ( $\sigma$ )	%MT	%MC	$\bar{x}$ ( $\sigma$ )
6. El profesor tiene que explicar los conceptos, leyes, hechos, etc., para que los estudiantes los aprendan (MT)	84.6	3.8	2.08 (0.71)	23.1	61.5	3.46 (1.06)
			Z = 5.373*** <sup>B</sup>			
			r = +0.53 (grande)			
7. El profesor tiene la función de transmitir el conocimiento científico elaborado a lo largo de los siglos. (MT)	63.5	11.5	2.38 (0.82)	30.8	51.9	3.21 (1.07)
			Z = 4.018***			
			r = +0.39 (mediano)			
8. El profesor debe ayudar a los escolares en la construcción de sus propios conocimientos. (MC)	0.0	98.1	4.56 (0.54)	1.9	98.1	4.67 (0.58)
			Z = 1.414			
			r = +0.14 (pequeño)			
9. Cada tema debería explicarse siguiendo un libro de texto o apuntes claros. (MT)	59.6	25.0	2.67 (0.96)	15.4	75.0	3.77 (0.98)
			Z = 4.572***			
			r = +0.45 (mediano)			
10. Las actividades experimentales en física y química deben utilizarse como aplicación de los conocimientos explicados. (MT)	96.2	1.9	1.40 (0.63)	61.5	30.8	2.33 (1.35)
			Z = 3.997***			
			r = +0.39 (mediano)			
11. El trabajo de laboratorio debe ser dirigido mediante guiones o procedimientos de resolución. (MT)	82.7	5.8	1.92 (0.81)	17.3	69.2	3.62 (0.95)
			Z = 5.571***			
			r = +0.55 (grande)			
12. Los alumnos deberían participar en el desarrollo de la enseñanza en el aula. (MC)	1.9	92.3	4.15 (0.61)	1.9	94.2	4.37 (0.66)
			Z = 1.899			
			r = +0.19 (pequeño)			
13. El trabajo más productivo para los alumnos es el individual. (MT)	15.4	67.3	3.58 (0.82)	13.5	76.9	3.79 (1.05)
			Z = 1.733			
			r = +0.17 (pequeño)			
14. Trabajar en clase por proyectos o pequeñas investigaciones requiere mucho tiempo para el rendimiento que obtienen los escolares. (MT)	11.5	59.6	3.50 (0.87)	13.5	75.0	3.69 (0.88)
			Z = 1.227			
			r = +0.12 (pequeño)			
15. El profesor debería revisar su método de enseñanza si éste fuera cuestionado por el alumnado. (MC)	3.8	84.6	4.04 (0.79)	3.8	86.5	4.31 (0.81)
			Z = 2.415*			
			r = +0.24 (pequeño)			
16. Tener en cuenta la diversidad de los alumnos a la hora de impartir las materias de ciencias perjudica a los alumnos más capacitados. (MT)	19.2	59.6	3.42 (0.96)	11.5	76.9	3.79 (0.89)
			Z = 2.492*			
			r = +0.24 (pequeño)			
17. La adaptación de la enseñanza a la diversidad del aula reduce el nivel de los conocimientos en las materias de ciencias. (MT)	21.2	51.9	3.25 (0.99)	13.5	71.2	3.65 (0.88)
			Z = 2.866**			
			r = +0.28 (pequeño)			

<sup>A</sup> Proposiciones vinculadas al modelo tradicional (MT) y al modelo constructivista (MC).

<sup>B</sup> \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$  y \*\*\* $p < 0.001$ .

De forma global, los cambios de la Tabla 7 parecen reflejar una correspondencia con el planteamiento indagativo de las asignaturas, que además incorporan la vivencia de experiencias de aprendizaje de corte constructivista (Rodríguez-Arteche y Martínez-Aznar 2016a), una estrategia comprobada como eficaz en otros contextos (Adadan y Oner 2014, Pilitsis y Duncan 2012). Así, los resultados obtenidos pueden considerarse como satisfactorios, máxime cuando la evolución en las creencias declaradas sobre «metodología» en un conjunto de programas del MFPS ha sido reducida (Solís *et al.* 2013). Además, también se han obtenido cambios estadísticamente significativos para la «participación y adaptación al alumno», en los ítems sobre la revisión de la metodología (ít. 15,  $r = 0.24$ ) y acerca de que tener en cuenta la diversidad no perjudica el nivel de conocimientos (ít. 16,  $r = 0.24$  e ítem 17,  $r = 0.28$ ).

Seguidamente, se analizan los planteamientos metodológicos vinculados a las UD de los estudiantes. La Tabla 8 recoge el número de actividades escolares planteadas en cada caso, y cuántas de ellas corresponden a actividades *i*) en grupos cooperativos, *ii*) experimentales y, *iii*) mediante recursos TIC, así como su categorización.

**Tabla 8.** Análisis sobre la «metodología» de enseñanza-aprendizaje de las UD.

UD	Nº de actividades	Nº de activ. en grupos	Nº de activ. experimentales	Uso de la experimentación <sup>A</sup>		Nº de activ. TIC	*Uso de las TIC <sup>A</sup>	
1F	9	3 (33%)	2 (22%)	1 problema – abierto 1 problema + abierto		4 (44%)	2 ejercicios teóricos (VA) 1 ejerc. teóricos/algorítmicos (Q) 1 problema – abierto (VA)	
2F	9	3 (33%)	1 (11%)	1 problema + abierto		3 (33%)	1 ejercicio teórico (VA) 1 ejercicio algorítmico (LV) 1 ejercicio bibliográfico (ID)	
3F	13	2 (15%)	2 (15%)	1 ejercicio teórico 1 problema + abierto		2 (15%)	1 ejercicio teórico (VA) 1 problema – abierto (LV)	
4F	7	3 (43%)	1 (14%)	1 problema + abierto		2 (29%)	1 ejercicio teórico (VA) 1 problema teórico (LV)	
5F	8	4 (50%)	1 (13%)	1 ejercicio algorítmico		3 (38%)	1 ejercicio teórico (VA) 1 ejercicio bibliográfico (ID) 1 problema teórico (LV)	
6F	10	3 (30%)	1 (10%)	1 problema – abierto		2 (20%)	1 ejercicio teórico (VA) 1 problema teórico (ID)	
1F–6F	$\bar{n} = 9$	$\bar{n} = 34\%$	$\bar{n} = 14\%$	25% T	75% C	$\bar{n} = 30\%$	69% T	31% C
1Q–6Q	$\bar{n} = 9$	$\bar{n} = 55\%$	$\bar{n} = 33\%$	20% T	80% C	$\bar{n} = 38\%$	68% T	32% C
<b>Global</b>	<b><math>\bar{n} = 9</math></b>	<b><math>\bar{n} = 45\%</math></b>	<b><math>\bar{n} = 24\%</math></b>	<b>22% T</b>	<b>78% C</b>	<b><math>\bar{n} = 34\%</math></b>	<b>69% T</b>	<b>31% C</b>

<sup>A</sup>Se distinguen las actividades de corte tradicional (T) y constructivista (C), «ejercicios» y «problemas».

\*Se distinguen las actividades con vídeos-animaciones (VA, 13 T y 4 C), herramientas de autocorrección (Q/quiz, 4 T y 1 C), laboratorios virtuales (LV, 2 T y 4 C) y que impliquen búsqueda y gestión de información digital (ID, 5 T y 2 C).

Según se observa, las UD incluyen en torno a una decena de actividades (la Tabla B del Anexo muestra distintos ejemplos) y contienen proporciones de actividades cooperativas superiores a un tercio. Este dato puede considerarse como positivo, teniendo en cuenta que el aprendizaje cooperativo suele ir ligado a creencias tanto positivas (p.ej., apertura a plantear dudas entre iguales) como negativas (p.ej., resistencia de ciertos alumnos al trabajo o diseño complejo de

las actividades), tal y como hemos constatado en un trabajo complementario con estudiantes del MFPS de nuestra universidad (Rodríguez-Arteche y Martínez-Aznar 2016b).

En relación al uso de la experimentación, la mayor parte de las actividades (78%) corresponden a una tendencia constructivista –problemas– y buena parte de ellas son abiertas, con enunciados como: «¿qué sucede al mezclar dos volúmenes de agua a distintas temperaturas? (4F)» o «¿qué factores influyen en la constante recuperadora de un muelle? (1F)». Sin embargo, las actividades experimentales suponen un 24% de media, una proporción pequeña en comparación con las ejemplificaciones de UD abordadas en las asignaturas. Como han detectado Abril *et al.* (2014), la experimentación –y la indagación en particular– se concibe como costosa de diseñar y con escasos referentes a modo de materiales docentes, dificultades que han podido percibir los participantes en esta experiencia.

Por otra parte, la Tabla 8 refleja una situación muy diferente sobre el uso de las TIC. En este caso, su inclusión parece menos costosa (de media, las UD los consideran en un 34% de las actividades), pero muchas veces (69%) su uso responde a una mejora del formato de las actividades, y no tanto a propiciar oportunidades para cuestionar las concepciones del alumnado. Al respecto, Ariza y Quesada (2014) señalan que «aunque las aplicaciones tecnológicas ofrecen nuevas posibilidades y contextos, la mera utilización del recurso no garantiza la mejora del aprendizaje» (pág. 103). En este sentido, el uso realizado por los futuros profesores de los vídeos o animaciones (VA), herramientas de autocorrección (Q) o de propuestas de gestión de información digital (ID) se asocia sobre todo a un modelo basado en la aplicación de explicaciones (70-80% de las actividades). No obstante, los *laboratorios virtuales* (LV) conforman una excepción a esta tendencia, con un 67% de actividades catalogadas como problemas, como los mostrados en el Anexo.

De forma global para la dimensión de «metodología», las creencias más específicas del cuestionario –como las de los ítems 11 y 13 sobre los protocolos de laboratorio o el trabajo individual y grupal– sí que parecen guardar una coherencia apreciable con los planteamientos inferidos de las UD, donde se realizan propuestas cercanas al modelo didáctico propugnado. Sin embargo, para las proposiciones más generales sobre el papel de las explicaciones o el rol del alumnado (ít. 6-8, 12), las UD reflejan planteamientos algo más conservadores (Solís *et al.* 2009), como se ha dicho en relación a las TIC o a la escasa presencia de actividades experimentales –que puede relacionarse con la proposición 10–. Estos planteamientos más alejados del modelo constructivista podrían deberse a concepciones epistemológicas (Porlán *et al.* 2011) o a la eficacia percibida para diseñar actividades asociadas a un modelo didáctico alternativo (Mellado 1998).

### **Dimensión de evaluación**

Como se observa en la Tabla 9, al comenzar las asignaturas se detecta indecisión sobre la necesidad de recurrir a exámenes en la evaluación (ít. 19) y la posibilidad de hacer un seguimiento personalizado de los alumnos (ít. 21). Sin embargo, de acuerdo con la tendencia constructivista, los futuros profesores dan importancia a la finalidad formativa de la evaluación (ít. 18) y a resaltar las actitudes en las calificaciones finales (ít. 20).

En relación con la evolución en esta dimensión, la Tabla 9 muestra cambios significativos hacia un modelo constructivista en 3 de las 4 cuestiones (ít. 18,  $r = 0.31$ , ítem 20,  $r = 0.26$  e ítem 21,  $r = 0.30$ ). La única salvedad corresponde a la visión sobre los exámenes, donde al final se detectan porcentajes similares de estudiantes en ambas tendencias.

En general, consideramos que el trabajo y la reflexión grupal acerca de la evaluación –inicialmente igual a «calificación» para bastantes estudiantes– y los indicadores para facilitar

este proceso, han podido contribuir al cambio en las creencias declaradas. Esta evolución no se ha observado en el estudio con muestras diversas de Solís *et al.* (2013), donde al final se percibe una aceptación mayoritaria de la evaluación como «control» del nivel alcanzado por los alumnos respecto a los objetivos.

**Tabla 9.** Cambios en las creencias para la dimensión de «evaluación».

PROPOSICIÓN (modelo didáctico asociado <sup>A</sup> )	Pretest			Postest		
	%MT	%MC	$\bar{x}$ ( $\sigma$ )	%MT	%MC	$\bar{x}$ ( $\sigma$ )
18. Uno de los objetivos más importantes de la evaluación es conseguir que cada alumno sea consciente de sus dificultades. (MC)	25.0	57.7	3.38 (0.99)	5.8	80.8	3.88 (0.78)
			Z = 3.207** <sup>B</sup>			
			r = +0.31 (mediano)			
19. Si no hubiera exámenes los alumnos no estudiarían. (MT)	42.3	34.6	2.88 (1.11)	30.8	46.2	3.15 (1.21)
			Z = 1.916			
			r = +0.19 (pequeño)			
20. Es imprescindible resaltar la evaluación de las actitudes en la nota final de las asignaturas de física y química. (MC)	13.5	65.4	3.65 (0.88)	5.8	82.7	4.08 (0.88)
			Z = 2.618**			
			r = +0.26 (pequeño)			
21. En nuestras aulas no es posible hacer un seguimiento diario e individual de cada alumno. (MT)	36.5	44.2	3.04 (1.08)	17.3	65.4	3.60 (1.03)
			Z = 3.046**			
			r = +0.30 (mediano)			

<sup>A</sup>Proposiciones vinculadas al modelo tradicional (MT) y al modelo constructivista (MC).

<sup>B</sup>\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$  y \*\*\* $p < 0.001$ .

Para profundizar en el análisis sobre esta dimensión, nuevamente se recurre a las UD diseñadas. En este caso, en relación a los indicadores de evaluación que el futuro profesorado debe definir según el Modelo para la Elaboración de UD (ver Anexo), la Tabla 10 recoge: *i*) las actividades de la secuencia a evaluar –i.e., las que incluyen indicadores–, *ii*) las actividades de evaluación específicas –con formato tipo prueba–, *iii*) la distribución de los indicadores en Conocimientos (Co), Capacidades (Ca) y Actitudes (Ac) y, *iv*) los sistemas de calificación propuestos.

De forma semejante al cuestionario, la Tabla 10 revela que las pruebas o exámenes finales presentan una importancia notable en los materiales elaborados (hay una media cercana a 5 actividades específicas por cada UD). Además, estas son las únicas actividades a evaluar en el caso de 6 de las 12 UD. En este sentido, otros autores han detectado que el pensamiento sobre la evaluación tiende a crecer de forma acumulativa en la formación inicial –«evaluación amplia, lo más objetiva posible, continua, instrumento de mejora...» (Fuentes *et al.* 2009)–, y que salvo que se trabaje de forma muy explícita (p.ej., en el Practicum), es difícil progresar hacia una visión formativa que deje atrás el foco en los exámenes (Buck, Trauth-Nare y Kaftan 2010).

Por otra parte, la mayoría de los indicadores propuestos para evaluar los procesos de enseñanza-aprendizaje corresponden a *capacidades* (en torno a un 60%, frente a un 30% para los conocimientos), lo que supone una diferencia respecto a una visión más tradicional de evaluación sobre conceptos y principios. Sin embargo, y a pesar de lo declarado en el ítem 20, apenas se incluyen indicadores para evaluar las actitudes (de media suponen un 10%). Además, en 2 UD (6F y 6Q) se apunta que la «actitud en clase» forma parte de la calificación pero, a la par, se omiten los indicadores respectivos.

**Tabla 10.** Análisis sobre la «evaluación» de las UD, distinguiendo las actividades de las secuencias (1) que serán objeto de evaluación –se plantean indicadores– y las actividades específicas en *pruebas* (2). Los indicadores corresponden a conocimientos (Co), capacidades (Ca) y actitudes (Ac) –ver Anexo–.

UD	Evaluación con actividades		Evaluación 1+2 sobre			Calificación UD	UD	Evaluación con actividades...		Evaluación 1+2 sobre			Calificación
	De la secuencia (1)	Específicas (2)	Co %	Ca %	Ac %			De la secuencia (1)	Específicas (2)	Co %	Ca %	Ac %	
1F	—	4	27	73	0	—	1Q	—	5	46	39	15	—
2F	6	5	29	68	3	60% (1) y 40% (2)*	2Q	5	5	41	51	8	50% (1) y 50% (2)*
3F	—	4	12	69	19	—	3Q	—	4	38	58	4	—
4F	2	5	32	47	21	40% (1) y 60% (2)*	4Q	4	4	35	50	15	50% (1) y 50% (2)*
5F	7	3	35	51	14	60% (1) y 40% (2)	5Q	7	3	36	51	13	60% (1) y 40% (2)
6F	—	7	32	68	0	90% (2) y 10% actitud en clase	6Q	—	6	27	68	5	90% (2) y 10% actitud en clase
<b>1F-6F</b>	$\bar{n} = 2.5$	$\bar{n} = 4.7$	<b>28</b>	<b>63</b>	<b>9</b>	<b>(<math>\bar{n}</math>)</b>	<b>1Q-6Q</b>	$\bar{n} = 2.7$	$\bar{n} = 4.5$	<b>37</b>	<b>53</b>	<b>10</b>	<b>(<math>\bar{n}</math>)</b>

\* Estos grupos indican que las actividades de la secuencia sin indicadores tendrán una influencia cualitativa en la calificación.

No obstante, los resultados son más positivos en relación a 6 UD (2F-4F-5F y 2Q-4Q-5Q), donde las propias actividades de la secuencia sirven como elemento de reflexión sobre los aprendizajes y el éxito de las propuestas –aunque no lleguen a considerar la evaluación como regulación de la enseñanza-aprendizaje a lo largo del tiempo–.

A diferencia de otras propuestas a través de problemas profesionales (Buck *et al.* 2010, López-Lozano y Solís 2016), en nuestro caso tenemos la desventaja de que la «evaluación» conforma el último problema a trabajar, en un conjunto de sesiones que suponen un octavo del total. En todo caso, los resultados obtenidos sugieren que esta es la dimensión del pensamiento curricular donde existe una mayor incoherencia entre las declaraciones a través del cuestionario y los planteamientos implícitos en las UD, que en buena parte son de tipo tradicional. Esta diferencia entre lo declarado y lo implícito es mayor en aspectos como el seguimiento frecuente del alumnado (ít. 21) o la evaluación de actitudes (ít. 20). En cambio, la importancia de los exámenes sí que se reflejaba en el cuestionario (ít. 19).

## Conclusiones

El análisis realizado ha permitido obtener una buena imagen del efecto de una propuesta para las asignaturas de Didáctica de la Física y de la Química del MFPS (Martínez-Aznar *et al.* 2017) sobre las creencias curriculares de los participantes.

En relación con las creencias declaradas a través del cuestionario (*primera pregunta de investigación*):

- Al inicio del programa existe una incoherencia clara en los modelos didácticos de los futuros profesores, que defienden la participación del alumnado o la reflexión permanente sobre la metodología docente pero, a su vez, asumen un papel transmisor



del conocimiento con pautas y materiales cerrados, y contenidos próximos al conocimiento científico.

- Al final del proceso formativo se comprueba una evolución hacia planteamientos constructivistas, estadísticamente significativa en 14 de las 21 proposiciones (67%). Se observa un efecto más acusado en creencias como la importancia de trabajar con las ideas de los alumnos, rebatir que el profesor deba «explicar para que el alumnado aprenda» o cuestionar el trabajo de laboratorio totalmente dirigido.
- En 5 de las proposiciones los estudiantes no muestran acuerdos finales con la tendencia constructivista, y tres parecen guardar una relación entre sí: asumir la ciencia como conocimiento verdadero (ít. 1) al que aproximar los contenidos escolares (ít. 3) y una visión del profesor como transmisor del conocimiento elaborado a lo largo de los siglos (ít. 7). Las otras dos corresponden al uso de los exámenes y al trabajo experimental como aplicación.

En términos generales, se comprueba un efecto positivo de la propuesta en las creencias declaradas por los futuros profesores, lo que supone un primer paso hacia el cambio del profesorado de ciencias que, por supuesto, habrá que apoyar en las prácticas docentes y en su formación permanente (Mellado 1998, Wideen *et al.* 1998). En particular, el efecto ha sido especialmente satisfactorio en el pensamiento sobre la *metodología*, lo que apoya el carácter investigativo de las asignaturas –isomorfo al propugnado– y la inclusión de actividades escolares indagativas (Pilitsis y Duncan 2012, Rodríguez-Arteche y Martínez-Aznar 2016a). Sin embargo, a la par, se constata que este planteamiento requeriría de otras actividades complementarias para abordar la «naturaleza de la ciencia», atendiendo a los resultados en algunos ítems sobre los *contenidos*.

En relación a las creencias inferidas de las UD diseñadas por los estudiantes (*segunda pregunta de investigación*):

- Las propuestas didácticas son cercanas al modelo didáctico propugnado en lo relativo a la detección de concepciones alternativas, inclusión de trabajo cooperativo, diseño de las actividades experimentales a modo de investigación o distribución de los indicadores de evaluación entre conocimientos y capacidades. Además, buena parte de las actividades propuestas para modificar las ideas previas son de corte constructivista (problemas).
- En cambio, se detecta un uso de las TIC acorde a un modelo didáctico tradicional (actividades dirigidas a la aplicación de explicaciones), una dependencia excesiva en el uso de «pruebas» finales, una visión limitada sobre la evaluación de actitudes y, en general, dificultades para incluir actividades experimentales.
- La coherencia entre las creencias declaradas y las inferidas de las UD es mayor en lo que respecta al papel de las concepciones alternativas en la enseñanza-aprendizaje, y menor para la dimensión de *evaluación*, donde buena parte de las propuestas son de tipo tradicional. La *metodología* se sitúa en un punto intermedio, que podría justificarse por el desarrollo progresivo de la eficacia en el diseño de actividades coherentes con los «modelos ideales» de los participantes.

De forma general, el estudio realizado nos ha permitido comprobar que las UD diseñadas durante las asignaturas por los futuros profesores contienen bastantes elementos acordes con los de un modelo didáctico constructivista, lo que supone un respaldo del programa formativo. No obstante, en algunos casos –sobre todo en la *evaluación*– se detecta una brecha

entre los planteamientos verbales (cuestionario) y aquellos contemplados en las propuestas didácticas, que resultan algo más «conservadoras».

### Implicaciones educativas

Conviene destacar la contribución del artículo previo (Martínez-Aznar *et al.* 2017) y del presente a la investigación asociada a la formación del profesorado. Desde hace tiempo, se viene reclamando el análisis del efecto de intervenciones educativas específicas sobre el pensamiento docente de los participantes (Darling-Hammond 2006, Pilitsis y Duncan 2012), un aspecto susceptible al debate en lo referente al MFPS español (Rivero, Martínez-Aznar, Pontes y Oliva 2014), donde ya se tienen indicios de tendencias generales pero no tanto de la relación de los rasgos concretos de las asignaturas con los efectos que producen en los estudiantes (Solís *et al.* 2013).

Por ello, este tipo de estudios resultan de gran utilidad a los agentes implicados en la formación de docentes y permiten introducir, progresivamente, mejoras en los programas. Así, en relación con las características de nuestra propuesta, probada como satisfactoria en términos globales, los resultados sugieren la conveniencia de: *i*) incorporar actividades complementarias para abordar la «naturaleza de la ciencia» –p.ej., análisis de problemas socio-científicos, historia de la ciencia, tareas metarreflexivas, etc.– (Acevedo y García-Carmona 2016), al margen de que se trabaje en otras asignaturas, *ii*) revisar el propio proceso de evaluación de las asignaturas y promover las sesiones de tutoría para recabar las reflexiones sobre el aprendizaje en las tareas –mejorando así el isomorfismo con el modelo propugnado–, *iii*) potenciar la coordinación entre los profesores del Máster (contenidos y estrategias didácticas) para hacer frente a las dificultades encontradas, como el diseño de actividades experimentales o la comprensión limitada sobre las TIC.

Asimismo, el trabajo realizado abre nuevas líneas de investigación para mejorar la preparación del profesorado. Entre ellas, en próximos trabajos pretendemos analizar las reflexiones de tipo metacognitivo y las emociones de los estudiantes del MFPS durante su inmersión en propuestas escolares indagativas. Además, como continuación natural de esta investigación, nos proponemos estudiar el periodo del Practicum, una etapa clave para reforzar los conocimientos y estrategias metodológicas adquiridas durante la primera fase del Máster.

### Referencias

- Abril A.M., Ariza M.R., Quesada A., García F.J. (2014) Creencias del profesorado en ejercicio y en formación sobre el aprendizaje por investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 11 (1), 22-33. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/15710>
- Acevedo J.A., García-Carmona A. (2016) «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (1), 3-19. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18010>
- Adadan E., Oner D. (2014) Exploring the progression in preservice chemistry teachers' Pedagogical Content Knowledge representations: The case of “behavior of gases”. *Research in Science Education* 44 (6), 829-858.
- Ariza M.R., Quesada A. (2014) Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 32 (1), 101-115.
- Bardín L. (1996) *Análisis de contenido* (2ª edición). Madrid: AKAL.

- Benarroch A., Cepero S., Perales F.J. (2013) Implementación del Máster de Profesorado de Secundaria: Aspectos metodológicos y resultados de su evaluación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 10, 594-615. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/15616>
- Bryan L.A. (2012) Research on science teacher beliefs, pp. 477-495 en Fraser B.J., Tobin K.G., McRobbie C.J. (eds.), *Second international handbook of science education*. Dordrecht: Springer.
- Buck G.A., Trauth-Nare A., Kaftan J. (2010) Making formative assessment discernable to pre-service teachers of science. *Journal of Research in Science Teaching* 47 (4), 402-421.
- Caamaño A. (1992) Los trabajos prácticos en ciencias experimentales: Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación. *Aula de Innovación Educativa* 9, 61-68.
- Comisión Europea (2007) *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe* ("Informe Rocard"). Recuperado de: [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf)
- Cooper R., Loughran J. (2015) Science teachers' PCK: Understanding sophisticated practice, pp. 60-74 en Berry A., Friedrichsen P., Loughran J. (eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. London: Routledge.
- Darling-Hammond L. (2006) Assessing teacher education: The usefulness of multiple measures for assessing program outcomes. *Journal of Teacher Education* 57 (2), 120-138.
- Fernández J., Elortegui N., Rodríguez J.F., Moreno T. (2001) *Modelos didácticos y enseñanza de las ciencias*. Tenerife: Centro de la Cultura Popular Canaria.
- Fives H., Lacatena N., Gerard L. (2015) Teachers' beliefs about teaching (and learning), pp. 249-265 en Fives H., Gill M.G. (eds.), *International Handbook of Research on Teachers' Beliefs*. New York: Routledge.
- Friedrichsen P.M., Dana T.M. (2005) Substantive-level theory of highly regarded secondary biology teachers' science teaching orientations. *Journal of Research in Science Teaching* 42 (2), 218-244.
- Fuentes M.J., García-Barros S., Martínez-Losada C. (2009) ¿En qué medida cambias las ideas de los futuros docentes de Secundaria sobre qué y cómo enseñar, después de un proceso de formación? *Revista de Educación* 349, 269-294.
- Hamed S., Rivero A., Martín del Pozo R. (2016) El cambio en las concepciones de los futuros maestros sobre la metodología de enseñanza de las ciencias en un programa formativo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (2), 476-492. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18301>
- Harris C.J., Phillips R.S., Penuel W.R. (2012) Examining teachers' instructional moves aimed at developing students' ideas and questions in learner-centered science classrooms. *Journal of Science Teacher Education* 23 (7), 769-788.
- Hashweh M.Z. (2003) Teacher accommodative change. *Teaching and Teacher Education* 19 (4), 421-434.
- Herron M.D. (1971) The nature of scientific inquiry. *The School Review* 79 (2), 171-212.
- Jiménez-Tenorio N., Oliva J.M. (2016) Análisis reflexivo de profesores de ciencias de secundaria en formación inicial en torno a diferentes secuencias didácticas. *Revista*

- Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (2), 423-439. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18298>
- Kang N-H., Wallace C.S. (2004) Secondary science teachers' use of laboratory activities: Linking epistemological beliefs, goals, and practices. *Science Education* 89 (1), 140-165.
- Levitt K. (2002) An analysis of elementary teachers' beliefs regarding the teaching and learning of science. *Science Education* 86 (1), 1-22.
- López-Lozano L., Solís E. (2016) ¿Para qué, cómo y qué evalúa en ciencia el profesorado de Primaria en formación? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (1), 102-120. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18017>
- Madsen A., McKagan S.B., Sayre E.C. (2015) How physics instruction impacts students' beliefs about learning physics: A meta-analysis of 24 studies. *Physical Review, Physics Education Research* 11 (1), 010115.
- Martínez-Aznar M.M., Martín del Pozo R., Rodrigo M., Varela M.P., Fernández M.P., 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., 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. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18854>
- Martínez-Aznar M.M., Varela M.P., Ezquerro A., Sotres F. (2013) Las Unidades Didácticas escolares, basadas en competencias, como eje estructurante de la Didáctica de la Física y Didáctica de la Química para la formación inicial de profesores de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 10, 616-629. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/15617>
- Mellado V. (1998) The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. *Science Education* 82 (2), 197-214.
- Morales P., Urosa B., Blanco A. (2003) *Construcción de escalas de actitudes "tipo Likert": Una guía práctica*. Madrid: La Muralla.
- Morrison J.A., Lederman N.G. (2003) Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. *Science Education* 87 (6), 849-867.
- Pajares M. (1992) Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research* 62 (3), 307-332.
- Pallant J. (2010) *SPSS Survival Manual: A step by step guide to data analysis using IBM SPSS*, 4<sup>th</sup> ed. Buckingham: Open University Press.
- Pilitsis V., Duncan R.G. (2012) Changes in belief orientations of preservice teachers and their relation to inquiry activities. *Journal of Science Teacher Education* 23 (8), 909-936.
- Pontes A., Poyato F.J., Oliva J.M. (2015) Concepciones sobre el aprendizaje en estudiantes del Máster de Profesorado de Educación Secundaria del área de ciencia y tecnología. *Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado* 19 (2), 225-243.
- Porlán R., Rivero A., 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.

- Porlán R., Martín del Pozo R., Rivero A., Harres J., Azcárate P., Pizzato M. (2010) El cambio del profesorado de ciencias I: Marco teórico y formativo. *Enseñanza de las Ciencias* 28 (1), 31-46.
- Porlán R., Martín del Pozo R., Rivero A., Harres J., Azcárate P., Pizzato M. (2011) El cambio del profesorado de ciencias II: Itinerarios de progresión y obstáculos en estudiantes de magisterio. *Enseñanza de las Ciencias* 29 (3), 353-370.
- Poyato F.J. (2016) *Concepciones y motivaciones sobre la profesión docente en la formación inicial del profesorado de ciencias de enseñanza secundaria*. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba. Recuperado de: <http://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/13839>
- Pozo J.I., Scheuer N., Mateos M., Pérez-Echeverría M.P. (2006) Las teorías implícitas sobre el aprendizaje y la enseñanza, pp. 95-132 en Pozo J.I. et al. (eds.), *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje*. Barcelona: Graó.
- Rivero A., Martínez-Aznar M.M., Pontes A., Oliva J.M. (2014) ¿Qué estamos enseñando y qué deberíamos enseñar desde la didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado de secundaria? *Mesa redonda presentada a los 26º Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Septiembre. Universidad de Huelva-ÁPICE.
- Rodríguez-Arteche I., Martínez-Aznar M.M. (2016a) 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.
- Rodríguez-Arteche I., Martínez-Aznar M.M. (2016b) Indagación y modelos didácticos: La reflexión de cuatro profesores de física y química en formación inicial. *Campo Abierto* 35 (1), 145-160.
- Shulman L.S. (1986) Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher* 15 (2), 4-14.
- Solís E., Rivero A., Martín del Pozo R. (2009) La presencia y el papel del activismo en las concepciones del Profesorado de Ciencias de Secundaria en Formación Inicial. *Investigación en la escuela* 67, 37-49.
- Solís E., Martín del Pozo R., Rivero A., Porlán R. (2013) Expectativas y concepciones de los estudiantes del MAES en la especialidad de Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 10, 496-513. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/15610>
- Tan A.L., Towndrow P.A. (2009) Catalyzing student-teacher interactions and teacher learning in science practical formative assessment with digital video technology. *Teaching and Teacher Education* 25 (1), 61-67.
- 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), 363-375.
- Wideen M., Mayer-Smith J., Moon B. (1998) A critical analysis of the research on learning to teach: Making the case for an ecological perspective on inquiry. *Review of Educational Research* 68 (2), 130-178.
- Woolnough B., Allsop T. (1985) *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University Press.


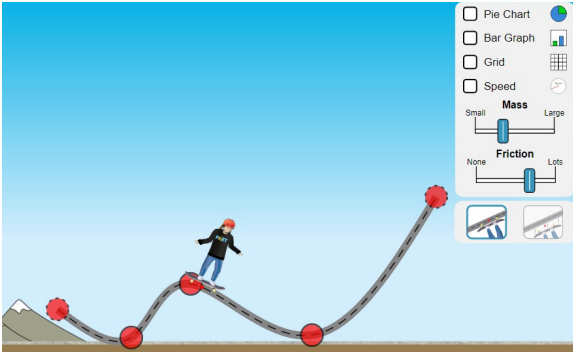
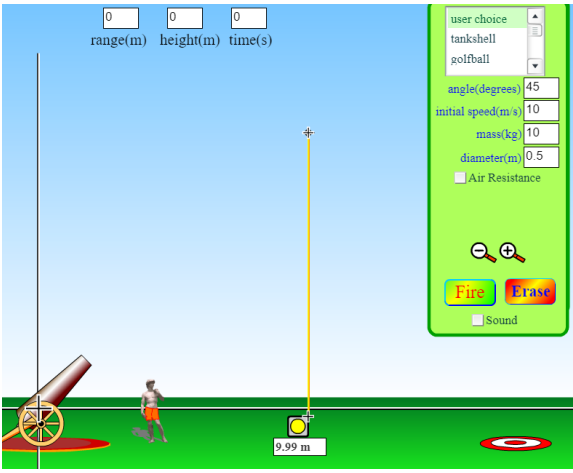
## Anexo

**Tabla A.** Concepciones alternativas vinculadas a las UD que deben realizar los futuros profesores. Este tipo de concepciones se consideran como *referencia* para evaluar los análisis didácticos y las actividades de detección/trabajo sobre ideas previas propuestas por los estudiantes.

Movimiento circular y movimiento armónico simple (1º Bachillerato)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los movimientos circulares no tienen aceleración y no están sometidos a ninguna fuerza.</li> <li>• Un objeto en rotación sigue girando cuando se libera.</li> <li>• El periodo de un péndulo depende de su masa y de su amplitud.</li> <li>• El periodo de un muelle depende de su longitud y de su amplitud.</li> </ul>
Fuerzas y gravitación (4º ESO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El movimiento nunca es el estado natural de un objeto.</li> <li>• Los objetos se mueven en la dirección de las fuerzas que actúan sobre ellos.</li> <li>• Los objetos más pesados tardan menos en llegar al suelo si se dejan caer.</li> <li>• La órbita de la Tierra es muy elíptica y consecuencia de ello existen las estaciones.</li> <li>• La aceleración gravitatoria debida a un cuerpo celeste es cte. en el espacio.</li> </ul>
Movimientos rectilíneos y composición de movimientos (1º Bachillerato)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen sistemas de referencia inerciales «privilegiados».</li> <li>• Al combinar dos movimientos (p.ej., un bote que se acerca a la otra orilla de un río con corriente), ambos se afectan mutuamente.</li> <li>• Los cuerpos más pesados llegan antes al suelo que los ligeros si se dejan caer desde la misma altura.</li> <li>• En ausencia de fuerzas, los objetos permanecen en reposo.</li> </ul>
Energía (2º ESO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La energía se asocia con:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- llama, sol, calor, electrodomésticos, electricidad, etc.</li> <li>- fuerza, esfuerzo físico brusco, dormir, comer, etc.</li> </ul> </li> <li>• Los aparatos utilizados en la vida diaria actúan como fuente o almacén de energía.</li> <li>• La energía comunicada a un cuerpo “desaparece” cuando éste se detiene.</li> <li>• El calor es la energía térmica que contiene el cuerpo, es decir, es una de sus propiedades.</li> <li>• La temperatura de un cuerpo depende de su masa, tamaño y del material con que esté realizado.</li> </ul>
Fuerzas y presión en los fluidos (4º ESO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los conceptos de masa, volumen, peso y densidad guardan relaciones sencillas; p.ej., “a mayor volumen, mayor peso”.</li> <li>• La presión es un término «sinónimo» de fuerza, relacionado con el peso que ejerce un cuerpo sobre otro. La presión en los líquidos únicamente actúa de forma vertical, hacia abajo.</li> <li>• La flotabilidad solo guarda relación con la masa/el peso de los cuerpos.</li> <li>• Las fuerzas del peso y el empuje pueden aparecer o desaparecer en las distintas etapas de flotación/hundimiento de un cuerpo. P.ej., el empuje se anula cuando un cuerpo tiende a hundirse.</li> </ul>



**Tabla B.** Ejemplos de actividades («ejercicios» y «problemas») incluidas en las UD diseñadas por los futuros profesores. En sombreado se justifica su clasificación por parte de los autores del artículo.

<p><i>Vídeo</i> (actividad individual):  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=YCirrBGOYcE0">https://www.youtube.com/watch?v=YCirrBGOYcE0</a></p> <p>a) ¿Con qué instrumento se mide la presión de un gas confinado en un recipiente?                  b) ¿A qué se debe la presión que ejerce el gas dentro de un neumático (u otro recipiente cerrado)?</p> 	<p><i>Laboratorio virtual</i> (actividad en grupos):  <a href="https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_en.html">https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_en.html</a></p> <p>a) ¿Qué cambios se observan en los recorridos propuestos?                  b) ¿Qué sucede si la patinadora avanza hacia rampas de mayor altura? ¿Por qué?                  c) A partir de los resultados obtenidos (y de la consulta de otras fuentes), ¿cómo se podría definir la energía cinética? ¿Y la energía potencial?</p> 
<p>UD: Fuerzas y presión en los fluidos (4º ESO) Grupo 6F                  Actividad tipo <b>ejercicio teórico</b>. Se muestra un vídeo y se plantean cuestiones de respuesta directa.</p>	<p>UD: Energía (2º ESO). Grupo 5F                  Actividad tipo <b>problema teórico</b>. Se utiliza un laboratorio virtual para promover la construcción de los conceptos de transformación energética, <math>E_c</math> y <math>E_p</math>.</p>
<p><i>Quiz</i> (actividad individual):                  Realizar el test de movimiento circular de la página:  <a href="https://www.daypo.com/test-cuestionario-movimiento-circular.html">https://www.daypo.com/test-cuestionario-movimiento-circular.html</a></p> <p>Ejemplo. Un cuerpo se mueve con un movimiento circular uniforme de radio 2 m. Si da una vuelta cada minuto, su velocidad angular en el SI será:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <math>\pi/30</math> rad/s</li> <li>● <math>2\pi</math> rad/s</li> <li>● 2 m/s</li> <li>● 1 r.p.m.</li> </ul>	<p><i>Laboratorio virtual</i> (actividad en grupos):  <a href="https://phet.colorado.edu/sims/projectile-motion/projectile-motion_en.html">https://phet.colorado.edu/sims/projectile-motion/projectile-motion_en.html</a></p> <p>– ¿Qué magnitudes modifican el alcance del proyectil? ¿Cómo se puede justificar?                  – ¿Qué parámetros hay que cambiar para aumentar la altura máxima? ¿Por qué?</p> 
<p>UD: Movimiento circular y movimiento armónico simple (1º Bachillerato). Grupo 1F                  Actividad tipo <b>ejercicios algorítmicos</b>. Se utiliza a modo de repaso sobre lo aprendido.</p>	<p>UD: Movimientos rectilíneos y composición de movimientos (1º Bachillerato). Grupo 3F                  Actividad tipo <b>problema – abierto</b>. La aplicación permite comprobar las hipótesis del alumnado (efectos del ángulo y la velocidad inicial, la masa, el tamaño, la resistencia del aire... en el alcance de los proyectiles).</p>

**Tabla B (continuación).**

<p><i>Trabajo de ampliación</i> (individual): Se propone indagar sobre todo aquello que rodeó, para bien y para mal, la figura de Isaac Newton: dónde nació, a qué se dedicaba su familia si la tenía, qué conflictos armados vivió y qué tesis defendía cada bando, qué nivel de desarrollo tenía la reforma protestante en su Inglaterra natal, qué campos de la física eran punteros en su época, etc.</p>	<p><i>Actividad experimental</i> (en grupos): Utilizando la Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI), resuelve la siguiente situación problemática:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>¿Qué sucede al mezclar dos volúmenes de agua a distintas temperaturas?</p> </div>
<p>UD: Fuerzas y gravitación (4º ESO). Grupo 2F Actividad tipo <b>ejercicio bibliográfico</b>. Se plantea una búsqueda de información sobre Newton, pero no se solicita la resolución de controversias o problemas sobre la temática.</p>	<p>UD: Energía (2º ESO). Grupo 4F Actividad tipo <b>problema + abierto</b>. Se utiliza la MRPI como estrategia de investigación que incluye: representación cualitativa, hipótesis, diseño de estrategias, resolución y análisis de resultados.</p>

**Tabla C.** Indicadores de evaluación en términos de competencia considerados en el «Modelo para la Elaboración de UD» (Martínez-Aznar *et al.* 2013). Se consideran como referencia para las UD a realizar por los futuros profesores.

<b>CONOCIMIENTOS*</b>		<b>ACTITUDES**</b>	
<i>Conocer/Saber</i>			
C1. Reconocer / Recordar C2. Definir C3. Describir C4. Usar procedimientos		Ac1. Derivada de la conciencia de ser social Ac2. Derivada de las características de la actividad científica	
<b>CAPACIDADES*</b>			
<i>Aplicar</i>	<i>Razonar</i>	<i>Comunicar</i>	
A1. Comparar / Clasificar A2. Interpretar información A3. Encontrar soluciones A4. Usar modelos / Explicar	R1. Resolver problemas R2. Plantear problemas R3. Analizar problemas R4. Formular hipótesis R5. Diseñar R6. Recoger e interpretar datos R7. Sacar conclusiones / Generalizar	Co1. Hacer un informe Co2. Presentar oralmente	

\* Para los conocimientos y las capacidades se han considerado los indicadores propuestos en el marco de evaluación TIMSS 2007. Su definición se encuentra en: [https://timss.bc.edu/TIMSS2007/PDF/T07\\_AF.pdf](https://timss.bc.edu/TIMSS2007/PDF/T07_AF.pdf)

\*\* Para las actitudes se ha tomado como referencia el marco de evaluación PISA 2006. Las definiciones pueden consultarse en: [http://pisa.nutn.edu.tw/download/sample\\_papers/Sci\\_Framework-en.pdf](http://pisa.nutn.edu.tw/download/sample_papers/Sci_Framework-en.pdf)