



La didáctica de las ciencias y la formación docente del profesorado universitario

Scientific Education and Teaching Training of University Teachers

Rafael Porlán, Antonio Pérez-Robles, Gabriela Delord

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.
rporlan@us.es, tonperrob@gmail.com, gcattani1@us.es

RESUMEN • Este artículo presenta un conjunto de visiones estratégicas basadas en la didáctica de las ciencias para la formación de docentes universitarios. Para ello se ha tomado como referencia las aportaciones de autores destacados en el campo y la experiencia formativa e investigadora de los autores. Dichas visiones abordan las siguientes dimensiones formativas: la concepción de la disciplina, el tratamiento didáctico de los contenidos, la modelización de la metodología de enseñanza, el diseño de secuencias de actividades de orientación investigativa, la interacción en el aula y la evaluación formativa.

PALABRAS CLAVE: Didáctica de las ciencias; Formación del profesorado; Educación superior; Enseñanza centrada en el estudiante; Aprendizaje por investigación.

ABSTRACT • This article presents a set of strategic visions based on the didactics of sciences for the training of university teachers. For this purpose, the contributions of prominent authors in the field and the educational and research experience of the authors have been taken as a reference. These visions address the following formative dimensions: the conception of the discipline, the didactic treatment of the contents, the modeling of the teaching methodology, the design of sequences of investigative-oriented activities, the interaction in the classroom, and formative assessment.

KEYWORDS: Science education; Teacher training; Higher education; Student-centered teaching; Inquiry learning.

Recepción: julio 2023 • Aceptación: octubre 2023 • Publicación: marzo 2024

Porlán, R., Pérez-Robles, A. y Delord, G. (2024). La didáctica de las ciencias y la formación docente del profesorado universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 42(1), 5-22.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5998>

INTRODUCCIÓN

La nueva Ley Orgánica del Sistema Universitario (LOSU) establece la obligatoriedad de las universidades de aplicar programas de formación docente. Esta novedad es un primer paso en el reconocimiento de que la docencia universitaria es una actividad que requiere de una formación específica (De Ketele, 2003; Gil-Pérez y Vilches, 2008; Martínez, 2022). En este contexto de cambio, cobra interés plantearse cuáles han de ser los *saberes deseables* que guíen dicha formación (Ibarra, 2023). En relación con esto, hay autores que plantean como referencia una *didáctica universitaria* (Dámaris, 2001; Zabalza, 2011), dado lo específico del nivel educativo, mientras que otros consideran que las didácticas específicas han de ser el eje de la formación (Bolívar, 2005), e, incluso, hay corrientes que proponen la emergencia de una *didáctica de las disciplinas* (Astolfi, 2001), que integre las didácticas específicas en un área común. Desde nuestro punto de vista, considerando que estos saberes son de difícil adscripción epistemológica exclusiva, las aportaciones que hacemos en este trabajo están basadas en la didáctica de las ciencias, pero asumiendo que es un contexto compartido con otras disciplinas y que, por tanto, están influidas, en mayor o menor grado, por ellas.

Gil-Pérez y Vilches (2008) proponen dos dimensiones como aspectos deseables del saber y el saber hacer de los docentes universitarios: *a) el conocimiento en profundidad de la materia*, con énfasis en los problemas y obstáculos que han articulado su construcción histórica, en sus métodos de investigación y en las interacciones con problemas socioambientales relevantes, y *b) el diseño de programas de actividades* que promuevan un aprendizaje por investigación, resaltando la selección de problemas para trabajar en el aula, el análisis de las concepciones y obstáculos de los estudiantes, el diseño de actividades de investigación orientada y la retroalimentación del aprendizaje.

Con base en la didáctica de las ciencias, pero con un enfoque próximo a una didáctica de las disciplinas, Astolfi (2001) establece una serie de *conceptos clave* para la formación del profesorado especializado en una disciplina. Destacamos aquellos que nos parecen de mayor interés: *a) los obstáculos*, tanto los de la historia de las disciplinas como los relacionados con las dificultades de los estudiantes; *b) las concepciones de los estudiantes organizadas en niveles de formulación*, como forma de establecer *itinerarios de progresión* del aprendizaje (García-Díaz, 1998); *c) las tramas* para representar la organización de los contenidos; *d) la transposición didáctica* como proceso de transformación de los conocimientos disciplinares en *conocimientos para ser enseñados*; *e) las situaciones problemas*, con énfasis en los problemas abiertos; *f) los objetivos-obstáculos*, que centran los objetivos didácticos en la superación de los obstáculos de aprendizaje de los estudiantes, previamente diagnosticados (Martinand, 1986); *g) las actividades de investigación* como plan de trabajo en el aula; *h) el conflicto sociocognitivo* como base de las interacciones didácticas; *i) el error* como elemento consustancial al proceso de aprendizaje; y *j) el modelo didáctico* como marco de referencia para la docencia.

Teniendo en cuenta estas interesantes aportaciones de la didáctica de las ciencias, así como otras de similar orientación (Bain, 2007; Dámaris, 2001; Garmendia et al, 2014; Mellado, 1999) y nuestra propia experiencia como formadores e investigadores en el campo, este trabajo tiene como objetivo central *aportar un conjunto de visiones estratégicas para orientar la formación docente del profesorado universitario*. En los últimos diez años hemos venido poniendo en práctica dichas visiones en el marco del Programa de Formación, Innovación e Investigación Docente del Profesorado (FIDOP) (De-Alba-Fernández y Porlán, 2020; Porlán y Villarejo-Ramos, 2022) de la Universidad de Sevilla, mediante la estrategia de Ciclos de Mejora en el Aula (CIMA), en la que, de forma gradual, se experimentan cambios coherentes en los tres problemas básicos del *sistema docente* (contenidos, metodología y evaluación) (De-la-Paz, 2022; Delord et al., 2020), siguiendo el principio del *alineamiento constructivo* propuesto por Biggs y Tang (2007).

Estas visiones se irán presentando en lo que sigue como respuestas a *preguntas clave* sobre la docencia universitaria y se apoyarán en ejemplos de concepciones y obstáculos habituales entre el profesorado universitario participante en el programa FIDOP, provenientes del modelo transmisivo dominante (Gil-Pérez y Vilches, 2008; Porlán, 2020) centrado en la materia y el docente (Amundsen y Wilson, 2012).

UNA VISIÓN EPISTEMOLÓGICA, HISTÓRICA Y SOCIAL DE LA DISCIPLINA

Los primeros obstáculos que aparecen en muchos docentes en relación con la pregunta «¿qué sé sobre lo que pretendo enseñar?» están relacionados con «una visión epistemológicamente débil de la disciplina, carente de una concepción sustantiva, organizada y sistémica de la misma» (Carrascosa et al., 2001; Gil-Pérez y Vilches, 2008; Lederman et al., 2013). A la hora, por ejemplo, de pedirles que elaboren un mapa con los contenidos esenciales y las relaciones más importantes de su materia, la mayoría suele encontrar grandes dificultades para elaborar este armazón básico de la asignatura. Esto es así, en primer lugar, porque muchos docentes universitarios suelen estar focalizados en su actividad investigadora y no disponen de una visión de conjunto de la materia y de una *estructura sustantiva* sobre ella (Grossman et al., 2005), que permita identificar los núcleos organizadores y las jerarquías conceptuales. Y, en segundo lugar, porque en su formación inicial en la materia ha predominado con frecuencia lo aditivo frente a lo interactivo y la superposición de conceptos frente a la relación entre ellos.

Junto a esta visión, también aparece una *concepción estática, desproblematizada y no contextualizada* de la materia. Estática, pues no se conoce lo suficiente su dinámica histórica (García-Martínez e Izquierdo, 2014), los obstáculos epistemológicos que se han tenido que superar (Astolfi, 2001; Bachelard, 1987) y los cambios paradigmáticos sufridos (Khun, 2006). Des-problematizada, porque se obvian las preguntas clave que subyacen al proceso de construcción del conocimiento, aislándolo de los interrogantes que han provocado su emergencia. En este sentido, es muy ilustrativo observar las dificultades que tienen los participantes en el mencionado programa para identificar en un determinado concepto o teoría la pregunta relevante que trata de resolver. Por ejemplo, en el caso de los profesores de Biología, pocos son capaces de, a partir de la teoría celular, elaborar una pregunta del tipo: «¿Qué hace que una bacteria, un árbol, una ballena o un ser humano, a pesar de sus enormes diferencias, tengan la propiedad de la vida?». Y, por último, no contextualizada, porque se identifica la relativa objetividad del conocimiento disciplinar con una suerte de *aislamiento sociológico*, como si las cosmovisiones y los prejuicios propios de una época no influyeran en las personas, en los problemas y en los productos disciplinares.

En síntesis, la formación docente del profesorado universitario requiere de momentos para el abordaje y el enriquecimiento de esta visión débil de la disciplina, promoviendo en los docentes los aspectos epistemológicos (problemas clave, estructura, organización...), históricos (obstáculos, controversias, evolución...) y sociales (cosmovisiones y estereotipos, entre otros) de esta.

UNA VISIÓN DIDÁCTICA DE LOS CONTENIDOS

Centrándonos en los contenidos (Shulman, 1986), desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias, la conversión de los conocimientos de la materia en *contenidos para ser enseñados* no consiste en una simple selección de los contenidos implicados en una asignatura concreta, sino que implica un proceso complejo de transformación didáctica, atendiendo a variables como la diversidad de tipos de contenidos (conceptos, procedimientos, valores...), la selección de los que pueden incidir mejor para que los estudiantes construyan un *esquema mental básico*, los vínculos con problemas sociales y profe-

sionales relevantes y, especialmente, las concepciones y obstáculos más frecuentes entre los estudiantes. En relación con esto, son esenciales las aportaciones sobre el *conocimiento didáctico del contenido* (Rivero et al., 2020; Shulman, 1986) y la *transposición didáctica* (Chavelard, 1985).

Teniendo en cuenta lo anterior, se presentan los obstáculos más relevantes y frecuentes en relación con la pregunta «¿qué quiero que aprendan mis estudiantes?»:

- Una *concepción simplificada de los tipos de contenidos* centrada en datos y conceptos, pero, también, en otras materias, en técnicas y procedimientos. En el primer caso, ignorando el papel de los procedimientos intelectuales, y, en el segundo, olvidando que las técnicas son siempre deudas de conceptos. En ambos casos, se ignora la dimensión ética del conocimiento, su implicación socioambiental y las actitudes propias de las disciplinas (rigor, duda razonable...).
- Una *concepción acumulativa de los contenidos* que impide distinguir lo sustancial de lo accesorio, reconociendo *los contenidos estructurantes* (Galfrascoli, 2017) que dan sentido al conjunto y los *conceptos umbral* que favorecen un cambio cualitativo en la visión de la disciplina (Meyer y Land, 2003).
- Una *concepción fragmentada*, con poco énfasis en las relaciones y en la forma de representarlas, ignorando que *todo significado se construye en la interacción* y que lo deseable es que los estudiantes dispongan de un *mapa básico de la materia* (Pineda-Alfonso y Márquez-Guerrero, 2022), más que de un recuerdo episódico de informaciones inconexas.
- Una *concepción desproblematizada y aislada de los contenidos* como consecuencia de la visión de la disciplina ya comentada, como si vinieran *dados* y no respondieran a retos, dilemas y problemas o no tuvieran conexiones con fenómenos de la realidad socioambiental, cultural y profesional.
- Una *concepción prefijada del nivel de formulación de los contenidos* (García-Díaz, 1998), sin ajuste a los modelos mentales de los estudiantes, desconociendo las aportaciones que indican que: *a)* solo hay aprendizaje significativo si existe conexión mental entre el que aprende y la nueva información (Ausubel, 1986); *b)* que la influencia de un experto en un novel solo es eficaz si se sitúa en su zona de desarrollo próximo (ZDP) (Vygotsky, 1979); y *c)* que, incluso en la universidad, hay estudiantes que operan en diferentes ámbitos con el pensamiento concreto, mientras que las disciplinas se organizan en torno a modelos abstractos.

En la figura 1 se puede observar un ejemplo de mapa con los contenidos de aprendizaje y los problemas que abordan en relación con el *arreglo pacífico de controversias* dentro del grado de Derecho, realizado por una participante en el programa FIDOP, que trata de superar algunos de los obstáculos mencionados, presentando la diversidad de contenidos existentes, destacando los más importantes, reflejando las relaciones entre ellos e incluyendo problemas clave.

En síntesis, la formación docente del profesorado universitario requiere de momentos para la reflexión sobre los contenidos, donde se identifiquen sus diferentes tipos, reconociendo los que tienen más potencial organizador y representándolos en forma de mapas que reflejen las interacciones más significativas, incluidos los problemas claves y formulados a un nivel ajustado al punto de partida de los estudiantes.

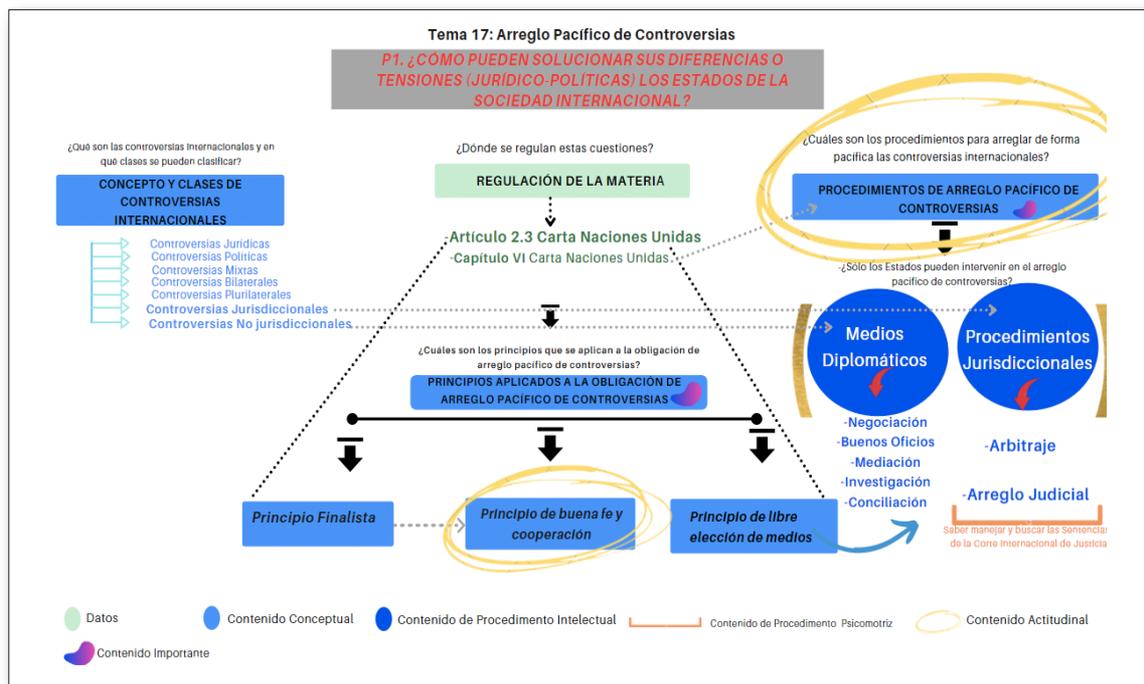


Fig. 1. Mapa de contenidos y problemas sobre el *arreglo pacífico de controversias*. Fuente: Fillol (2022).

UNA VISIÓN CONSCIENTE, FORMALIZADA Y FUNDAMENTADA DE LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Analizaremos ahora aquellas concepciones y obstáculos relacionados con la pregunta: «¿cómo promover un buen aprendizaje en mis estudiantes?». El primer obstáculo que nos encontramos es la *ausencia de un modelo metodológico consciente*. La mayoría de los docentes universitarios no se plantean que los procesos que ocurren en el aula pueden ser modelizados desde un punto de vista formal. Esto les impide tomar conciencia de las *pautas de acción automatizadas* que guían su intervención (Porlán, 2022) y de las *teorías implícitas* que las sustentan. Aprender a modelizar la metodología permite comparar diferentes modelos y plantear estrategias de mejora tomando conciencia del *modelo real* del que se parte, formulando *un modelo ideal* como referencia y experimentando *un modelo posible* de transición, adaptado a las condiciones del contexto y del propio docente. Muchos colegas universitarios, expertos en el trabajo investigador, cuando piensan sobre la docencia lo hacen desde el pensamiento común, con tendencia a los estereotipos y a las generalizaciones poco fundamentadas (Campanario, 2003), lo que, en el ámbito de la didáctica de las ciencias, autores como Gil-Pérez y Vilches (2008) han denominado *pensamiento docente de sentido común*. Ante esto, se propone una formación que promueva la capacidad de modelización sobre la docencia con el rigor académico que le corresponde. En otras palabras, el desarrollo de lo que algunos autores denominan el *razonamiento didáctico* (Aldrin, 2012; Loughran, 2019).

En nuestra experiencia, hemos comprobado el interés que despierta en los docentes la actividad de representar gráficamente las fases o momentos de su modelo metodológico real, ideal y posible. En concreto, mediante un guion de reflexión, y después de haber analizado colectivamente cuatro tipos de modelos metodológicos (transmisivo, transmisivo con prácticas, resolución de problemas cerrados

y constructivista e investigativo) (figura 2), se les pide que representen y argumenten por escrito tres modelos: el que refleja el día a día de sus clases, el que consideran como ideal, si las circunstancias fueran favorables, y el que ven posible aplicar de manera inmediata, tratando de mejorar el real y tomando como referencia el ideal. Al hacerlo, los docentes van concienciándose de las razones implícitas de por qué hacen lo que hacen y de los cambios que pueden promover. Son frecuentes las afirmaciones del tipo: «debería hacer más actividades prácticas»; «debería dar tiempo a la participación de los estudiantes»; «podría ser interesante ponerlos a trabajar en grupos para resolver problemas». En este proceso aparecen dos obstáculos importantes. El primero lo resumimos en la expresión *la nada o el todo*; es decir, la idea de que los cambios hay que aplicarlos en su máxima expresión y de una sola vez; lo que provoca bastante inseguridad. El segundo, vinculado al contexto, lo resumimos en expresiones del tipo: «mis compañeros no van a ver bien los cambios»; «tenemos un examen común»; «los cambios requieren dedicación y tengo que publicar». La idea de que el cambio ha de ser completo y las dificultades relacionadas con el contexto en el que se encuentran tienden a bloquear el proceso de mejora. Frente a esto, una estrategia gradual (de ahí el *modelo posible*), con mejoras que impliquen un número limitado de clases (en el programa FIDOP, los dos primeros CIMA abarcan 4 y 8 horas), con tiempo para diseñar los cambios en equipo y con acompañamiento experto, abordando de forma coherente las tres variables del *sistema docente* (contenidos, metodología y evaluación), recogiendo información durante la experimentación y con tiempo para evaluar la experiencia, consigue superar esos bloqueos y que los participantes puedan diseñar, experimentar y mejorar progresivamente los modelos metodológicos que van considerando posibles. En la figura 3 vemos un ejemplo bastante cercano a un modelo de carácter constructivista e investigativo.

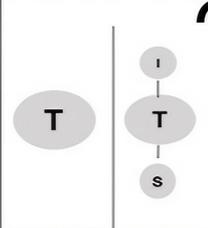
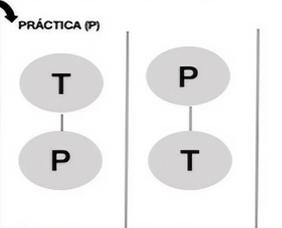
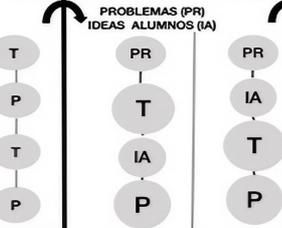
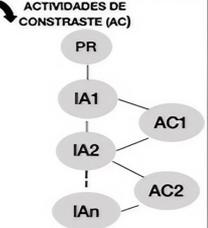
MODELO METODOLÓGICO					
	TRANSMISIVO	TRANSMISIVO CON PRÁCTICAS DE LOS ALUMNOS	ACTIVO, RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS CERRADOS POR LOS ALUMNOS	ACTIVO, CONSTRUCTIVISTA E INVESTIGATIVO	
	CONCEPCIONES APRENDIZAJE	Mente en blanco o vaso vacío	Mente en blanco o vaso vacío	Ideas de los alumnos como errores a corregir	Ideas de los alumnos como concepciones alternativas que deben evolucionar
	CONCEPCIONES COMUNICACIÓN	Lineal. Sin interferencias. De fuera a dentro del que aprende	Lineal. Sin interferencias. De fuera a dentro del que aprende	Interacción parcial	Interacción condicionada por los modelos mentales del que aprende
CONCEPCIONES CONOCIMIENTO	Conocimiento cerrado y acabado	Conocimiento cerrado y acabado	Conocimiento cerrado y acabado	Conocimiento abierto y en construcción	

Fig. 2. Tipos de modelos metodológicos y sus fundamentos. (T: teoría; P: práctica; I: introducción; S: síntesis; PR: problema; IA: ideas de los alumnos; IA1, IA2... IAn: ideas de los alumnos en el momento 1, 2...n; AC: actividad de contraste; AC1, AC2: actividad de contraste en el momento 1, 2...). Fuente: Porlán (2017)

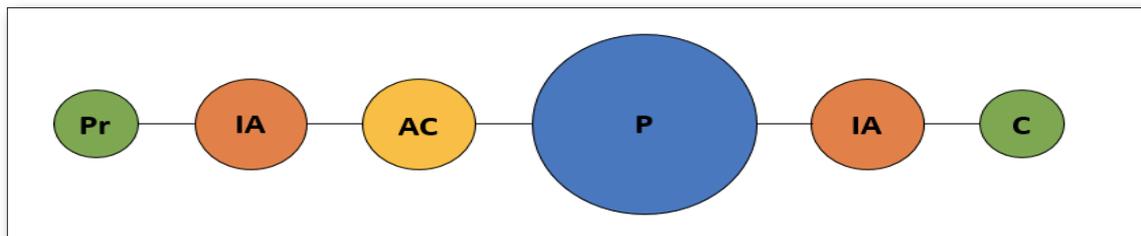


Fig. 3. Modelo metodológico posible en *Ecología II*. (Pr: problema; IA: ideas de los alumnos; AC: actividades de contraste; P: práctica; C: conclusiones). Fuente: Mesa (2022)

Otro obstáculo muy ligado a la metodología es el de *no establecer relaciones entre la manera de enseñar y una cierta teoría sobre cómo aprenden los estudiantes*. Un momento interesante del programa es cuando se plantean estas *preguntas encadenadas* (Finkel, 2008) a los participantes: «¿Cómo aprenden los estudiantes?» (atendiendo y estudiando), «¿y cómo sabemos que así aprenden?» (porque así hemos aprendido todos), «¿hay alguna disciplina que estudie el aprendizaje?» (la psicología), «¿sabemos si la psicología plantea que se aprende así?» (sin respuesta). Estas reflexiones despiertan el interés por acceder a referencias psicológicas, comenzando así un contraste consciente entre los modelos metodológicos y sus fundamentos, de ahí la conveniencia de abordar las teorías psicológicas, epistemológicas y comunicativas que sustentan los cuatro tipos de modelos de la figura 2.

En resumen, la formación docente del profesorado universitario debe tener momentos de análisis de la metodología de enseñanza para superar una visión de sentido común, adoptando una mirada rigurosa, aprendiendo a crear y aplicar gradualmente modelos metodológicos conscientes y fundamentados.

UNA VISIÓN DE LAS SECUENCIAS DE ACTIVIDADES DE ORIENTACIÓN INVESTIGATIVA

Desde la didáctica de las ciencias se ha venido planteando la necesidad de concretar la metodología en lo que Gil-Pérez y Torreglosa (1987) denominan un *programa-guía de actividades*, es decir, una secuencia que oriente, de manera flexible, el desarrollo de las sesiones del aula –y del trabajo fuera de ella– y que guarde coherencia con el modelo metodológico que se persigue (Jiménez-Liso et al., 2023; Porlán, 2017).

La pregunta central aquí es: «¿qué secuencia de trabajo, coherente con mi modelo metodológico, pondré en marcha para promover el aprendizaje de determinados contenidos?». Nos topamos aquí con la concepción implícita básica del modelo transmisivo: explicar los contenidos es la manera adecuada de promover el aprendizaje de los estudiantes. La mayoría de los docentes universitarios (también la universidad como institución) hacen una división de la enseñanza en tres momentos: el centrado en transmitir la información (*la teoría*), el dedicado a comprobar o aplicar el contenido (*la práctica*) y el dedicado a medir el aprendizaje de los estudiantes (*el examen*). En estos casos, el término *actividad* se interpreta como lo que hacen los estudiantes en las prácticas y no como la *unidad de programación* de un proceso donde se requiere que todos los participantes (docentes y estudiantes) sean *activos*.

Si en el apartado anterior el obstáculo era el poco desarrollo del pensamiento abstracto en relación con la docencia, en este el obstáculo es la dificultad para establecer una relación coherente entre lo formal (el modelo) y lo concreto (la secuencia de actividades). Es muy habitual que, una vez formulado el modelo metodológico posible, los docentes, al diseñar una secuencia de actividades, no lo tengan en cuenta. Como si se tratara de dos mundos distintos, lo formal va por un lado y lo concreto por otro, sin tomar conciencia de las contradicciones a que esto da lugar. Precisamente, es la toma de conciencia de estas contradicciones lo que ayuda a construir esquemas mentales que vinculen ambos mundos.

Hay todo un conjunto de metodologías vinculadas al aprendizaje activo del estudiante (Delord, 2020), con denominaciones y matices diferentes, pero que comparten actividades comunes (aprendizaje basado en problemas, en proyectos, en casos; aprendizaje a través de retos; aprendizaje-servicio, etc.). También las investigaciones sobre las «actividades educativas de éxito» aportan una tipología que habría de tener en cuenta (lecturas bibliográficas, estudios de casos, investigación de problemas...) (Flecha et al., 2014). En el campo de la didáctica de las ciencias cada vez hay más consenso sobre que esta base común se puede sintetizar en una «secuencia de actividades que promueva la investigación orientada de los estudiantes» (Couso et al., 2020; Delord, 2020; Porlán, 1993). La idea central es que los seres humanos poseemos los recursos necesarios para aprender significativamente en interacción con el medio y que existen potentes razones biológicas, epistemológicas, psicológicas y didácticas para tomar como referencia central para el modelo metodológico y las secuencias de actividades el *principio de investigación* (Gil-Pérez, 1993). Teniendo esto en cuenta, consideramos como *actividades esenciales* las siguientes:

- *Diagnóstico previo de los esquemas mentales y de los obstáculos de aprendizaje de los estudiantes.* La mayoría de los docentes universitarios enseñan como si los estudiantes tuvieran un mismo nivel de conocimientos y como si este coincidiera con un nivel deseable, lo que no suele ocurrir. Nos enfrentamos aquí a un obstáculo muy resistente, según el cual los contenidos no se deben ajustar a los estudiantes, sino que los estudiantes se deben adaptar al nivel de los contenidos, ignorando lo ya comentado sobre la necesidad de enseñar dentro de la ZDP para evitar un aprendizaje superficial. El diagnóstico de las ideas y obstáculos de partida es una tarea que permite dejar de enseñar desconociendo el contenido de la *caja negra* mental de los estudiantes, por lo que es posible realizar, así, un diseño de la enseñanza ajustado a su punto de partida. Existen diversas estrategias para conocer estas ideas (Cubero, 1989). Una de ellas es el uso de cuestionarios antes y después de la enseñanza que informen sobre la evolución del aprendizaje y sobre el impacto de las actividades diseñadas.
- *Actividades de presentación del asunto a investigar.* La secuencia de actividades debe comenzar con la presentación argumentada del problema o el reto que va a ser objeto de investigación. Este es el momento para conectar los argumentos académicos con cuestiones profesionales y problemas socioambientales relevantes. El asunto que se plantee ha de tener dos cualidades básicas: ser relevante en el marco de la disciplina y constituir un reto para los estudiantes.
- *Actividades para la formulación de hipótesis por los estudiantes sobre el asunto planteado (HE).* Este tipo de actividades tiene como objetivo poner al alumnado desde el principio como protagonista de la construcción del conocimiento, reconociendo sus puntos de vista (ya expresados a nivel individual en el cuestionario previo) y promoviendo el debate argumentado entre ellos para formular hipótesis sobre el asunto que se va a investigar. Esto permite al docente incrementar su conocimiento sobre sus ideas y, por tanto, ajustar mejor la secuencia de actividades ya diseñada.
- *Actividades de contraste y reformulación de las hipótesis de los estudiantes (AC).* Nos referimos a un tipo de actividades muy diverso (experiencias, lecturas, análisis de datos, observaciones de vídeos, salidas, experimentos, exposiciones del docente ajustadas al proceso reflexivo de los estudiantes...), cuyo sentido es interactuar con las hipótesis del alumnado, aplicando la idea de que el aprendizaje ocurre en el contraste entre los significados conscientemente construidos por los sujetos y otros significados externos que, estando en su ZDP, aporten el *andamiaje* adecuado para ayudar a superar los obstáculos, lo que provocará reorganizaciones en los esquemas mentales de los estudiantes (Wood et al., 1976). Se trata de crear las condiciones, desde el conocimiento experto del docente, para promover la evolución del conocimiento novel del que aprende. Todo un reto profesional que solo puede abordarse aplicando el principio de

investigación también en la actividad docente (en línea con la investigación-acción, el docente investigador, la *Lesson Study*, el movimiento SoTL...) (De-Alba-Fernández y Porlán, 2020), y adoptando los principios, hoy emergentes, de las denominadas *investigaciones basadas en diseño* (Guisasola et al., 2021).

- *Actividades de generalización y acción.* En este proceso de *aprender a enseñar* propio de la formación docente, y llegados a este punto, suelen aparecer nuevos obstáculos relacionados con una visión simple del aprendizaje. Nos referimos a la idea de que aprender es un proceso del *todo o nada (se sabe o no se sabe)* y de que *ocurre de una sola vez*. En la didáctica de las ciencias trabajamos desde la perspectiva de que la construcción del conocimiento es un proceso evolutivo, con saltos de diferentes grados, desde pequeños saltos cuantitativos a grandes saltos cualitativos, de manera relativamente parecida a los procesos históricos de construcción del conocimiento disciplinar (Kuhn, 2006). Desde este punto de vista, cobran importancia las actividades centradas en la *generalización del aprendizaje* a contextos diferentes al investigado, como forma de promover la capacidad de formalización de los estudiantes, al experimentar que los nuevos esquemas pueden explicar fenómenos aparentemente distintos, pero con un trasfondo común (edificios diversos, por ejemplo, comparten problemáticas constructivas comunes). También son importantes las *actividades para la acción*, pues vinculan el conocimiento disciplinar con los problemas de la sociedad, lo que nos conecta con la importancia de las actitudes, valores y emociones en el diseño de los contenidos.
- *Actividades de síntesis de los aprendizajes.* En estas actividades, los estudiantes, ayudados por el docente, deben hacer una síntesis de lo aprendido en un ejercicio metacognitivo, elaborando un producto final (por ejemplo, informes, murales, libros digitales, portafolios, documentales, tutoriales, maquetas, programas de *software*, etc.).

En relación con la organización del trabajo, para que las actividades sean efectivas y los estudiantes desarrollen sus habilidades intelectuales, es importante el diseño de guiones que incluyan *preguntas encadenadas* e instrucciones precisas que les ayuden a analizar, argumentar e hipotetizar; de modo que anoten sus debates, controversias y conclusiones (Finkel, 2008).

Por último, se debe combinar de manera adecuada el trabajo personal y en equipo, pues sin el primero no suele funcionar el segundo. Un buen trabajo en equipo debe ir más allá del mero reparto de tareas mecánicas y aditivas o de una desigual implicación de sus miembros. Es muy productivo que los equipos estén formados por alumnos con diferentes niveles según el cuestionario inicial para favorecer un *andamiaje colectivo* (Esteve, 2019). También, que elaboren sus normas de trabajo, decidan los roles que van a desempeñar y el compromiso de cada estudiante con el trabajo grupal.

En síntesis, la formación docente del profesorado universitario requiere de momentos para diseñar, aplicar y evaluar secuencias de actividades coherentes con el modelo metodológico posible, así como que estén orientadas por el principio de investigación.

UNA VISIÓN POSITIVA, ATENTA Y MEDIADORA DE LA INTERACCIÓN EN EL AULA

La interacción en el aula viene condicionada por la creencia de que todo contenido bien explicado puede ser aprendido siempre que el estudiante esté atento, tenga capacidad y dedique tiempo al estudio. Esta idea implica una práctica basada en la *no interacción*. Aflora aquí una concepción simple del aprendizaje entendido como una mera incorporación de significados externos por el que aprende. Es evidente que en determinados contextos es posible un aprendizaje basado en la escucha de un discurso externo (una conferencia sobre un asunto de interés, a la que se asiste de forma voluntaria,

con conocimientos previos sobre la temática, y con altas expectativas respecto a la autoridad que se le reconoce al o a la conferenciante). Sin embargo, es ingenuo actuar como si todo lo que se transmite llegara limpiamente al receptor, porque, incluso en una situación como la descrita, hay dos razones que lo impiden: la atención es una cualidad limitada y condicionada por múltiples factores (distractores internos o externos) y todo mensaje es reinterpretado por la estructura de significados que ya posee el sujeto. Por tanto, la ilusión de que una adecuada explicación, en un contexto reglado en el que los estudiantes permanecen pasivos durante bastantes horas con diferentes docentes, provoque aprendizaje significativo choca con variables que exigen una mirada profunda sobre la relación didáctica.

Desde la didáctica de las ciencias, con un enfoque basado en el socioconstructivismo y en el principio de investigación, se promueve una interacción basada en el reconocimiento de que los estudiantes son «seres epistémicos y expertos potenciales» capaces de generar conocimientos (Esteve, 2009; Porlán, 2018), con significados, unos conscientes y otros implícitos, desde los que interpretan el fenómeno que se va a indagar, y que, cuando se sienten reconocidos, tienden a dar lo mejor de sí mismos, ya que la dimensión emocional, vivida en positivo, juega un papel multiplicador de sus potencialidades (Couso et al., 2020; Mellado et al., 2012; Porlán et al., 2020). Este es el contexto necesario para que la interacción sea provechosa para el aprendizaje y para que los estudiantes participen espontáneamente, siendo ellos mismos, con la mente *on* o encendida, y superando el papel aprendido de situar su mente académica en el modo *off* y de centrar su atención en identificar indicadores de lo que hay que memorizar para el examen. Todo este clima no se construye de manera inmediata, pues inicialmente los estudiantes estarán expectantes por comprobar la autenticidad de la nueva propuesta. Al mismo tiempo, el aprendizaje activo requiere del desarrollo pausado de habilidades intelectuales como el trabajo colaborativo, la deliberación, la modelización, la argumentación, etc. El cambio de rol de los estudiantes, su confianza en el proyecto y el desarrollo de las nuevas habilidades requieren de tiempo y experiencia para que se consoliden, haciéndose irreversibles.

Uno de los aprendizajes más importantes para favorecer este modelo de interacción constructiva tiene que ver con que el docente sea consciente durante la intervención de los *objetivos-obstáculos* (Martinand, 1986) y de los *principios didácticos* que guían su intervención (Porlán, 2017). En la acción, tendemos a activar las *rutinas automatizadas* (Porlán, 2022) que aprendimos cuando éramos estudiantes. Estas rutinas, además, son coherentes con el modelo docente dominante, que las refuerza; por lo que es necesario, en la acción, un ejercicio de síntesis que concentre los obstáculos fundamentales que hay que tener presentes en la interacción y los principios (pocos y bien contruidos) que organizan nuestro modelo docente. Al mismo tiempo, es necesario desarrollar una *observación atenta* que permita seleccionar aquello que favorece una interacción constructiva. En el caso de las actividades tipo HE, para comprender mejor las concepciones y obstáculos de los estudiantes, y en las de tipo AC, para encadenar interrogantes que promuevan saltos reflexivos (Finkel, 2008), aportando datos y argumentos que confirmen o contradigan las posiciones de los estudiantes.

En resumen, la formación docente universitaria requiere de momentos para cuestionar la interacción didáctica habitual y reconstruirla poniendo el énfasis en una comunicación multidireccional, en la que los estudiantes se expresen libremente, abandonando su distanciamiento pasivo e implicándose en un clima de confianza y respeto, y en la que el docente aporte el andamiaje necesario para un aprendizaje profundo.

UNA VISIÓN EVOLUTIVA, FORMATIVA Y PARTICIPATIVA DE LA EVALUACIÓN

En relación con las preguntas básicas sobre la evaluación («¿cómo me informo sobre el aprendizaje de mis estudiantes?», «¿para qué uso dicha información?», «¿solo debo evaluar a los estudiantes?») y «¿cuál es su papel en la evaluación?», aparecen también obstáculos en el profesorado instalado en las prácticas convencionales. Uno de los más importantes es que lo relevante es averiguar lo que los estudiantes saben al final con un examen, para poder calificar lo aprendido, participando en este proceso únicamente el docente. Sin embargo, esta visión restringida ha sido cuestionada desde la didáctica de las ciencias con enfoques centrados en el proceso, en la participación y en la retroalimentación formativa (Alonso et al., 1996; Porlán, 2017) bajo el principio de *evaluar para el aprendizaje* y no solo *evaluar el aprendizaje* (Sanmartí, 2007). Esta visión alternativa se enfrenta al obstáculo ya mencionado de que *el aprendizaje funciona desde la nada al todo*, ignorando la gradualidad y la conflictividad inherente a todo proceso de construcción de conocimientos, plagado de dificultades y errores (Astolfi, 1999). La adopción de esta perspectiva tiene grandes ventajas: promueve un papel activo en los alumnos e impulsa su capacidad de autorregulación; amplía la visión de la evaluación, incluyendo el diseño didáctico y el docente (Pérez-Robles y Delord, 2022); fomenta unas relaciones bidireccionales que enriquecen el proceso y, quizás lo más importante, fomenta la comprensión de los contenidos frente a su memorización mecánica.

Profundizando más, y teniendo en cuenta asuntos ya planteados, la evaluación debe empezar por el diagnóstico de las ideas y obstáculos iniciales de los estudiantes relativos al asunto que se va a investigar (Porlán y Villarejo-Ramos, 2022) para poder formular los objetivos de aprendizaje, es decir los *objetivos-obstáculos* (Martinand, 1986), y, al mismo tiempo, implicar desde el principio al alumnado. Debe continuar con un seguimiento de dichas ideas durante y al final del proceso, dando lugar a *itinerarios de aprendizaje* (Duschl et al., 2011; Rivero et al., 2011). En nuestro caso, nos proponemos realizar este análisis inicial a través de un cuestionario que indague las ideas espontáneas de los estudiantes, representando los diversos patrones de respuestas a cada pregunta, así como su frecuencia, en forma de «escalera de aprendizaje y evaluación» (Müller y Schmalenbach, 2016; Porlán, 2017), donde cada escalón refleja un patrón de respuesta e incluye el número de alumnos que se sitúan en él, y cada salto entre escalones indica el obstáculo que se ha de superar; de esta manera, el docente puede seleccionar los problemas que afectan a la mayoría de los estudiantes, adaptando su diseño y actuación docente para estos y promoviendo experiencias, en el marco de las *actividades de contraste*, que les permitan alcanzar un nivel más alto de conocimientos (figura 4). Durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, el docente debe realizar un seguimiento *micro* mediante la observación atenta en el aula, el análisis de sus producciones y un diario reflexivo, para así ir haciendo un *ajuste continuo* entre las actividades diseñadas y la evolución de los estudiantes, además de para retroalimentarlos adecuadamente y favorecer así su progresión.

Se han venido experimentando diversos instrumentos para reflejar de manera individual y en equipo los momentos intermedios y finales del aprendizaje; nos referimos, en concreto, a informes de investigación, fichas de lecturas, guiones de trabajo, mapas, portafolios, productos finales, etc.

Por último, podemos volver a pasar el cuestionario y comparar las escaleras iniciales y finales, obteniendo indicios rigurosos sobre la evolución de cada estudiante. En la figura 4 se presenta un ejemplo de escalera de aprendizaje y evaluación en relación con una de las preguntas de un cuestionario inicial/final sobre volumetría. En fondo verde se describen los cuatro tipos de respuestas, ordenadas de menor a mayor complejidad. Con un encuadre azul se indica el número de estudiantes que responden cada tipo de respuestas antes y después de la enseñanza; en amarillo, los obstáculos de aprendizaje y, finalmente, en fondo gris, una reflexión del docente sobre el papel que ha jugado una determinada actividad de contraste (la observación de un vídeo sin sonido) en la superación por parte de los estudiantes del obstáculo intermedio.

Como jefe de I+D+i de la empresa de zumos Juver te han pedido que desarrolles un nuevo zumo de limón. Deberás tener en cuenta en su composición una serie de variables, ¿cómo se miden para garantizar el resultado esperado?

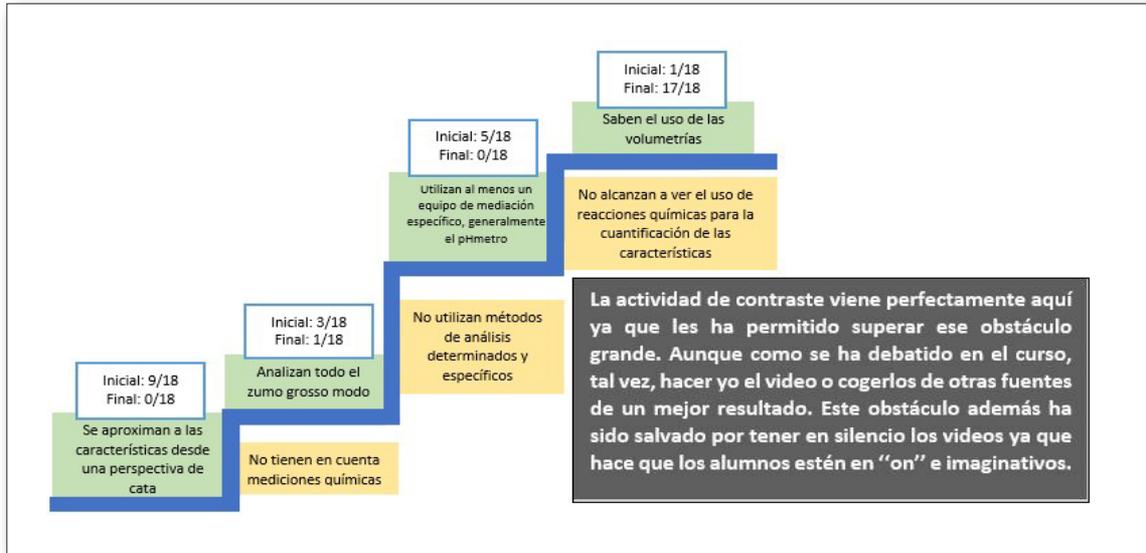


Fig. 4. Escalera de aprendizaje y evaluación inicial/final de una de las preguntas de un cuestionario sobre volumetría. Fuente: Díaz (2023).

A diferencia de la evaluación basada en pruebas finales, un enfoque evolutivo como el descrito, al basarse en una retroalimentación frecuente, favorece que los estudiantes reflexionen sobre su aprendizaje, identifiquen sus debilidades y establezcan sus propias metas, fomentando su autonomía, responsabilidad y compromiso, lo que debe venir acompañado de una visión también progresiva de la calificación, convirtiéndola en una aliada y no en un impedimento. En el caso del programa FIDOP, se promueven dos fases para modificar el papel de la calificación. En la primera, la calificación final no es solo el resultado de una única prueba, frecuentemente memorística, sino que se combina con las puntuaciones obtenidas por medio de diferentes tareas, pero evitando que su resolución quede reducida a un proceso formal y mecánico. En la segunda etapa, vinculada ya a un modelo basado en la investigación de los estudiantes, son los informes de investigación, los estudios de casos, los proyectos, etc., los que son objeto de evaluación formativa y retroalimentación, otorgándoles también la puntuación que se considere adecuada, pero susceptibles de ser mejorados, y por tanto mejor valorados, hasta el final del curso.

Cuando se promueve una cultura en la que el *error* es un paso natural en el aprendizaje (Astolfi, 1999), como un peldaño de la escalera, se crea un ambiente seguro para que los estudiantes asuman riesgos y se enfrenten a desafíos. Para ello, los docentes desempeñan un papel fundamental al fomentar una mentalidad alentadora y positiva y al brindar retroalimentación que ayude a los estudiantes a comprender y superar sus errores.

Por último, desde un punto de vista también investigativo de la mejora docente, el análisis de la evolución del aprendizaje de los estudiantes, la identificación de sus obstáculos y errores, el diseño de actividades de contraste para ayudarles a superarlos, el análisis de su impacto real y la participación de los estudiantes con sus puntos de vista son factores que aportan información significativa para mejorar el diseño didáctico y la actuación propia, en una dinámica cíclica basada en el diseño, la experimentación y la evaluación de las experiencias del aula (lo que denominamos *ciclos de mejora en el aula*), que se torna formativa también para el docente.

En suma, la formación docente del profesorado universitario requiere de momentos para el cuestionamiento, la reflexión y el diseño sobre la evaluación, con el fin de promover una visión evolutiva, formativa y participativa de esta que ayude a que los estudiantes tomen el control de su aprendizaje y a que los docentes mejoren su diseño y su intervención profesional.

CONCLUSIONES

En este trabajo nos hemos planteado proponer un conjunto de visiones estratégicas basadas en la didáctica de las ciencias para orientar la formación docente del profesorado universitario. A modo de síntesis, y poniendo en relación dichas visiones, podemos decir que la formación ha de desarrollar en los docentes una visión más epistemológica, histórica y social de su disciplina, con su correspondiente influencia en la formulación de los contenidos, en el sentido de concebirlos de manera más sistémica, problematizada y vinculada a la realidad. Ambas cuestiones deben complementarse con una concepción fundamentada sobre la metodología docente y sus fases, que debe estar basada en reflexiones y decisiones conscientes y argumentadas, orientadas por un modelo centrado en la actividad del estudiante y que, en cada caso, debe contextualizarse en secuencias de actividades de orientación investigativa, emulando los métodos y procedimientos propios de la disciplina en particular. Por último, la formación docente también debe promover una manera de entender la comunicación más multidireccional, constructiva y argumentativa en el aula, así como una concepción de la evaluación más centrada en el aprendizaje con una retroalimentación continua.

Estas visiones, que afectan a los contenidos, la metodología y la evaluación, comparten entre sí algunos *metaconocimientos didácticos* (Astolfi, 2001) a los que hemos ido aludiendo a lo largo del texto: *a)* la idea de *obstáculo* como indicador de la evolución histórica de la disciplina, pero también de las dificultades de aprendizaje de los estudiantes y de los docentes en formación, y como guías para un *andamiaje* (didáctico o formativo) bien ajustado (Martinand, 1986); *b)* los *modelos* como artefacto cognitivo formal que permiten interpretar la realidad más allá del conocimiento común, tanto por los estudiantes, al trabajar con problemas de investigación, como por los docentes, al abordar la mejora de su enseñanza; *c)* los *problemas clave* (proyectos, casos...) como la variable que activa la mente y los intereses de los sujetos (estudiantes o docentes), que los retan a investigarlos y a implicarse, y, en ese proceso, a construir gradualmente el conocimiento; *d)* la *interacción* y el *contraste argumentado* como una dimensión fundamental para el aprendizaje de estudiantes y docentes, pues es desde la confrontación consciente y reflexiva entre las ideas propias e ideas e informaciones externas como se alcanza un aprendizaje profundo, y *e)* la *investigación y evolución* como principios que van más allá de las visiones simples, reproductivas y estáticas del desarrollo humano.

Por último, veamos brevemente algunas implicaciones de todo lo anterior en cuanto a los programas de formación docente universitaria: la formación basada exclusivamente en una oferta indiscriminada de cursos de corta duración y sin vinculación con la práctica real de los participantes genera muy poco aprendizaje docente, pues el desarrollo de una perspectiva como la aquí descrita es un proceso complejo y difícil y abarca cambios mentales y conductuales lentos y graduales. Por tanto, los programas de formación docente deben incorporar líneas de actuación a medio plazo centradas en la práctica docente y en el aula mediante la constitución de equipos de docentes para la formación e innovación, con el asesoramiento de formadores expertos y con calidad docente reconocida, que realicen ciclos de mejora progresivos hasta cambiar el conjunto de su docencia.

Por otro lado, la creencia implícita en la mayoría de los programas de formación, según la cual la mejora docente es un asunto exclusivamente metodológico –cuando no del dominio de las nuevas tecnologías y los medios digitales, obviando el papel trascendental que una visión epistemológica y

didáctica sobre los contenidos tiene en la enseñanza—, es otro factor que influye en la poca incidencia real de muchas propuestas de formación.

En definitiva, el cambio y la mejora de los docentes universitarios no es un proceso simple que se pueda solventar solo transmitiendo información sobre nuevos enfoques técnicos y metodológicos, sino que requiere la construcción consciente de un *modelo didáctico global*, que aborde de forma integrada los contenidos, la metodología y la evaluación, y que promueva, además, una práctica docente coherente con él. No es un proceso fácil, pero sí necesario y posible, al menos según nuestra experiencia en el programa FIDOP.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo es el resultado parcial del Proyecto de Investigación 75604-P, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. También es parte de la tesis doctoral de uno de los autores.

REFERENCIAS

- Aldrin, V. (2012). *Didactic Reasoning in Academic Teacher Development: Towards a New Understanding of Teacher Training for Academics*. Göteborgs Universitet.
- Alonso, M., Gil-Pérez, D. y Martínez-Torregrosa, J. (1996). Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de la ciencia. *Investigación en la Escuela*, 30, 15-26. <https://doi.org/10.12795/IE.1996.i30.02>
- Amundsen, C. y Wilson, M. (2012). Are we asking the right questions? A conceptual review of educational development in higher education. *Review of Educational Research*, 82(1), 90-126. <https://doi.org/10.3102/0034654312438409>
- Astolfi, J. P. (1999). *El «error», un medio para enseñar*. Díada.
- Astolfi, J. P. (2001). *Conceptos clave en la Didáctica de las Disciplinas*. Díada.
- Ausubel, P. (1986). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Trillas.
- Bain, K. (2007). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- Bachelard, G. (1987). *La formación del espíritu científico*. Siglo XXI.
- Biggs, J. y Tang, C. (2007). *Teaching for Quality Learning at University*. SRHE / Open University Press.
- Bolívar, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y Didácticas Específicas. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(2), 1-39. <https://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART6.pdf>
- Campanario, J. M. (2003). Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), 319-328. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21939>
- Carrascosa, J., Gil-Pérez, D. y Fernández-Montoro, I. (2001). Hacia una imagen no deformada de la actividad científica. *ENDOXA*, 1(14), 228-260. <https://doi.org/10.5944/endoxa.14.2001.5026>
- Couso, D., Jiménez-Liso, M. R., Refojo, C. y Sacristán, J. A. (2020) (Coords.). *Enseñando ciencia con ciencia*. FECIT / Fundación Lilly. Penguin Random House.
- Cubero, R. (1989). *Cómo trabajar con las ideas de los alumnos*. Díada.
- Chalmer, D. y Gardiner, D. (2015). An evaluation framework for identifying the effectiveness and impact of academic teacher development programmes. *Studies in Educational Evaluation*, 46, 81-91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.stueduc.2015.02.002>

- Chevalard, Y. (1985). *La transposition didactique: Du savoir savant au savoir enseigné*. La Pensée Sauvage.
- Dámaris, H. (2001). La didáctica universitaria: una alternativa para transformar la enseñanza. *Acción Pedagógica*, 10(1 y 2), 64-72.
- De-Alba-Fernández, N. y Porlán, R. (2020) (Coords.). *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica*. Morata.
- De Ketele, J. M. (2003). La formación didáctica y pedagógica de los profesores universitarios. *Revista de Educación*, 331, 143-169.
- De-la-Paz, C. (2022). Para innovar piensa en círculos. *Cuadernos de Pedagogía*, 535, 1-6.
- Delord, G. (2020). *Investigar en la clase de ciencias*. Morata.
- Delord, G. (2022). Ciclo de Mejora en Didáctica de las Ciencias Experimentales. En R. Porlán y A. F. Villarejo-Ramos (Coords.), *Ciclos de Mejora en el Aula. Año 2021: Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla* (pp. 1097-1112). Editorial de la Universidad de Sevilla.
<http://dx.doi.org/10.12795/9788447222865>
- Delord, G., Hamed, S., Porlán, R. y De Alba (2020). Los Ciclos de Mejora en el Aula. En N. De-Alba-Fernández y R. Porlán (Coords.), *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica* (pp. 127-162). Morata.
- Delord, G. y Pérez-Robles, A. (2022). Investigando el aprendizaje de los estudiantes de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Modelo tradicional versus Modelo investigativo. En R. Porlán y A. F. Villarejo-Ramos (Coords.), *Aprendizaje universitario. Resultados de investigaciones para mejorarlo* (pp. 170-172). Morata.
- Díaz, J. (2023). *Portafolios del Curso General de Docencia Universitaria*. Programa FIDOP.
- Duschl, R., Maeng, S. y Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: a review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123-182.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2011.604476>
- Esteve, O. (2019). La interacción, un proceso que implica conversar. *Cuadernos de Pedagogía*, 391, 56-59. https://repositori.upf.edu/bitstream/handle/10230/27249/Esteve_cp_int.pdf?sequence
- Flecha, R., Racionero, S., Tintoré, M. y Arbós, A. (2014). Actuaciones de Éxito en la Universidad. Hacia la Excelencia Tomando las Mejores Universidades como Modelo. *Multidisciplinar Journal of Educational Research*, 4(2), 131-150.
<http://dx.doi.org/10.4471/remie.2014.08>
- Fillol, A. (2022). El aprendizaje del arreglo pacífico de controversias y el control del uso de la fuerza en Derecho Internacional a través de un modelo metodológico basado en la reelaboración de las ideas de los estudiantes. En R. Porlán y A. F. Villarejo-Ramos (Coords.), *Ciclos de Mejora en el Aula. Año 2021: Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla* (pp. 729-748). Editorial de la Universidad de Sevilla.
<http://dx.doi.org/10.12795/9788447222865.040>
- Finkel, D. L. (2008). *Dar clases con la boca cerrada*. Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- Galfrascoli, A. (2017). Conceptos estructurantes: Reflexiones teóricas y propuestas prácticas para organizar la enseñanza de las ciencias. *Bio-grafía*, 10(19), 179-191.
<https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.10.num19-7232>
- García-Díaz, J. E. (1998). *El conocimiento escolar. Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Díada.
- García-Martínez, A. e Izquierdo, M. (2014). Contribución de la Historia de las Ciencias al desarrollo profesional de docentes universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 265-281.
<http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.758>

- Garmendia, M., Barragués, J. I., Zuza, K. y Guisasola, G. (2014). Proyecto de formación del profesorado universitario de Ciencias, Matemáticas y Tecnología, en las metodologías de Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 113-129. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.911>
- Gil-Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21204/93254>
- Gil-Pérez, D. y Martínez-Torregrosa, J. (1987). Los programas guía de actividades. Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/59096/Los%20programas-gu%c3%ada%20de%20actividades.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gil-Pérez, D. y Vilches, A. (2008). ¿Qué deben saber y saber hacer los profesores universitarios? En *Novos enfoques no ensino universitario* (pp. 25-43). Universidad de Vigo. https://www.researchgate.net/publication/292103137_Que_deben_saber_e_saber_hacer_os_profesores_universitarios
- Grossman, P. L., Wilson, S. M. y Shulman, L. S. (2005). Profesores de sustancia: el conocimiento de la materia para la enseñanza. *Profesorado. Revista de currículum y formación de profesores*, 9(2), 1-25. <https://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART2.pdf>
- Guisasola, J., Ametller, J. y Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Eureka*, 18(1), 1801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801
- Ibarra, G. (2023). Atributos de la buena enseñanza universitaria. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 13(6). <https://doi.org/10.23913/ride.v13i26.1491>
- Jiménez-Liso, R., Martínez, M. y López-Gay, R. (2023). Cómo enseñar a diseñar Secuencias de Actividades de Ciencias: Principios, elementos y herramientas de diseño. *Eureka*, 20(3). <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/9812>
- Kuhn, T. S. (2006). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.
- Lederman, N. G., Lederman, J. S. y Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138-147. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED543992.pdf>
- Loughran, J. (2019). Pedagogical reasoning: the foundation of the professional knowledge of teaching. *Teachers and Teaching*, 25, 523-535. <https://doi.org/10.1080/13540602.2019.1633294>
- Martinand, J. L. (1986). *Connaître et transformer la matière, des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques*. P. Lang.
- Martínez, M. (2022). Análisis e identificación de las modalidades de formación de mayor impacto en el aprendizaje de los profesores universitarios. *Revista Estudios Psicológicos*, 2(3), 87-102. <https://estudiospsicologicos.com/index.php/rep/article/view/70>
- Mellado, V. (1999). La formación didáctica del profesorado universitario de ciencias experimentales. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 34, 231-241. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=118017>
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F. et al. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 11-36. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1478>

- Mesa, J. (2022). Mejora docente en el Grado de Biología para aprender a caracterizar ecosistemas acuáticos. En R. Porlán y A. F. Villarejo-Ramos (Coords.), *Ciclos de Mejora en el Aula. Año 2021: Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla* (pp. 345-360). Editorial de la Universidad de Sevilla.
<http://dx.doi.org/10.12795/9788447222865.019>
- Meyer, J. H. F. y Land, R. (2003). Threshold concepts and troublesome knowledge: linkages to ways of thinking and practicing. En C. Rust (Ed.), *Improving Student Learning-Theory and Practice Ten Years On* (pp. 412-424). Oxford Centre for Staff and Learning Development (OCSLD).
- Müller, T. y Schmalenbach, C. (2016). Escaleras de aprendizaje: Enseñando con la metodología MultiGradoMultiNivel. *Revista Diálogos*, 18, 47-56. <http://hdl.handle.net/11715/1258>
- Pérez-Robles, A. y Delord, G. (2022). Aplicación del cuestionario C-RENOVES a estudiantes universitarios de asignaturas CTS. En R. Porlán y A. F. Villarejo-Ramos (Coords.), *Aprendizaje universitario. Resultados de investigaciones para mejorarlo* (pp. 201-221). Morata.
- Pineda-Alfonso, J. A. y Márquez-Guerrero, C. (2022). La docencia universitaria y la concepción de los contenidos. *Revista Complutense de Educación*, 33(4), 611-622.
<https://dx.doi.org/10.5209/rced.76364>
- Porlán, R. (2017) (Coord.). *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla*. Morata.
- Porlán, R. (2018). Didáctica de las Ciencias con Conciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(3), 5-22.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2795>
- Porlán, R. (2020). El cambio de la enseñanza y el aprendizaje en tiempos de pandemia. *Revista de Educación ambiental y sostenibilidad*, 2(1), 1502.
https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2020.v2.i1.1502
- Porlán, R. (2022). Automatismos y conciencia: claves para la formación docente en la universidad. *Márgenes, Revista de Educación de la Universidad de Málaga*, 3(3), 45-54.
<http://dx.doi.org/10.24310/mgnmar.v3i3.15118>
- Porlán, R., Delord, G., Hamed, S y Rivero, A. (2020). El cambio de las concepciones y emociones sobre la enseñanza a través de ciclos de mejora en el aula: un estudio con profesores universitarios de ciencias. *Formación universitaria*, 13(4), 183-200.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000400183>
- Porlán, R. y Villarejo-Ramos, A. F. (2022) (Coords.). *Aprendizaje universitario. Resultados de investigaciones para mejorarlo*. Morata.
- Rivero, A., Azcárate, P., Porlán, R., Martín-del-Pozo, R. y Harres, J. (2011). The Progression of Prospective Primary Teachers' Conceptions of the Methodology of Teaching. *Research in Science Education*, 41, 739-769.
<https://doi.org/10.1007/s11165-010-9188-z>
- Rivero, A., Hamed, S., Delord, G. y Porlán, R. (2020). Las concepciones de docentes universitarios de ciencias sobre los contenidos. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(3), 15-35.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2845>
- Sanmartí, N. (2007). *10 ideas claves. Evaluar para aprender*. Graó
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Vigotsky, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Crítica.
- Wood, D., Bruner J. y Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89-100.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- Zabalza, M. (2011). Nuevos enfoques para la Didáctica Universitaria actual. *Perspectiva*, 29(2), 387-416.
<https://doi.org/10.5007/2175-795X.2011v29n2p387>

Scientific Education and Teaching Training of University Teachers

Rafael Porlán, Antonio Pérez-Robles, Gabriela Delord

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.

rporlan@us.es, tonperrob@gmail.com, gcattani1@us.es

This article presents a set of *strategic insights* to guide the teaching training of university teachers, based on the contributions of science didactics. These insights have been incorporated into the Teacher Training, Innovation and Teaching Research Program (FIDOP, in the Spanish acronym) of the University of Seville, drawing on the experimentation of classroom improvement cycles (or CIMA, in Spanish) made by the participants. Such insights are presented in this article as answers to key questions about teaching and are supported by the analysis of common examples and conceptions amongst university lecturers and professors. These appreciations are presented below.

An epistemological, historical, and social vision of the discipline, as compared to an epistemologically weak vision, lacking a structured, evolutionary, and contextualized conception.

A didactic vision of the contents, in comparison with a cumulative, fragmented, de-problematized and static view of the matter, which does not take into consideration the mental schemas used by students nor their learning obstacles.

A conscious, formalized and founded vision of teaching methodology, compared to *common sense teaching thinking*, which is based on automated action guidelines derived from tradition.

A vision of investigative and theoretical-practical orientative activities, in contrast to the classic dissociation of teaching into theoretical explanation and practical classes.

A multidirectional, mediating, and attentive vision of classroom interaction, compared with a simple and unidirectional conception of it, the latter based on the idea that learning only requires *the incorporation of external concepts in the mind of the learner*.

A processual, formative, and participatory vision of evaluation as a continuous adjustment between teaching and learning, in comparison to a conception of the final grade, which is quantitative and focuses only on the student.

These insights, which impact the contents, the methodology and the evaluation, share the following *didactic meta-knowledge* concepts, as referred to throughout the article: a) the idea of *obstacles* as an indicator not only of the historical evolution of the discipline, but also of the learning difficulties of students and teachers in training, and that serve as guides for a well-adjusted *scaffolding* (didactic or training); b) *models* considered as a formal cognitive tool allowing reality to be interpreted beyond common knowledge, both by students, when working with research problems, and by teachers, when addressing their approach to teaching; c) the *key problems* (projects, cases...) as the variable that triggers the interest of the subjects (students or teachers), challenging them to investigate further and, in that process, to gradually build knowledge; d) *the interaction and argued contrast* as a fundamental dimension for the learning of students and teachers, since it is from the conscious and reflective confrontation between one's own and external ideas and information that deep learning is achieved, and e) *the ideas of research and evolution* as principles that overcome simple, reproductive and static visions of human development.

This article draws two conclusions in relation to university teacher training programs: a) they must incorporate medium-term lines of action focusing on practice and the classroom, since the development of a perspective such as the one described here is a complex process that implies steady mental and behavioral changes, which an indiscriminate offer of short-term courses without links to real practice for participants cannot address; b) teaching improvement is not an exclusively methodological issue, nor should it be focused only on the mastery of new technologies, since an epistemological and didactic vision of the contents and a conception of evaluation such as the one described here is required for a sustainable improvement.