



La elaboración de unidades didácticas competenciales*

Digna Couso
Universidad Autónoma de Barcelona

Diseñar unidades didácticas de ciencias desde el marco competencial implica preparar para una actuación significativa, en contextos de relevancia, con un conocimiento científico central. Esto conlleva problematizar tanto la selección del contenido como su secuenciación. En nuestra propuesta, el contenido se centra en las grandes ideas o modelos centrales de la ciencia escolar. Para la secuenciación de las actividades de enseñanza y aprendizaje nos inspiramos en la idea de progresión, tanto de conocimiento (los aspectos o versiones del modelo que se debe aprender) como de demanda (lo que queremos que se haga con estas ideas).

Preparing competence-based teaching units

Designing competence-based science teaching units means preparing significant action in relevant contexts with a central piece of scientific knowledge. This entails both selecting contents and sequencing them. In our proposal the contents centre on the major ideas or central models in science teaching. For sequencing the teaching and learning activities we were inspired by the idea of progression in terms of both knowledge (aspects or versions of the model to learn) and demand (what we want students to do with these ideas).

Palabras clave: secuencias de enseñanza-aprendizaje, unidades didácticas, diseño, objetivos de aprendizaje.

Keywords: teaching and learning sequences, teaching units, design, learning outcomes.

La elaboración de secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) o unidades didácticas (UD) es una competencia fundamental de todo profesor en ejercicio. Por eso aprender a elaborar UD constituye una parte esencial de la formación de los nuevos profesores en la mayoría de los programas de Master de secundaria. Sin embargo, nuestra experiencia en el mencionado máster es que tanto para profesores en formación como para sus tutores la elaboración de unidades didácticas en el contexto actual supone un reto importante: se trata de diseñar unidades didácti-

cas para promover la competencia científica, teniendo en cuenta que sólo estamos empezando a asumir el paradigma competencial y que no disponemos de suficientes buenos ejemplos en los que inspirarnos.

Conscientes de esta situación, en el presente artículo queremos exponer algunas ideas que usamos con nuestros alumnos y tutores para guiarles en la elaboración de UD de ciencia competenciales. El objetivo es que sirvan tanto a profesores en formación como a docentes en ejercicio a la hora de diseñar de nuevo, pero tam-

bién seleccionar, reformular y reordenar materiales didácticos existentes.

■ **Diseño de una UD competencial: ¿por dónde empezar?**

El diseño de cualquier situación de enseñanza y aprendizaje involucra, de forma explícita o implícita, el tratamiento de tres aspectos interrelacionados: qué, para qué y cómo enseñar y aprender. Dentro de un marco competencial y una visión socioconstructivista del aprendizaje resulta útil abordar estas dimensiones a través de las siguientes preguntas:

- ¿Qué queremos que los alumnos aprendan, teniendo en cuenta para qué queremos que lo aprendan?
- ¿Qué les haremos pensar, comunicar, hacer y sentir/ser para que lo aprendan?

En el contexto del diseño de una UD, la respuesta a la primera pregunta tiene que ver con el objetivo global (competencial) que persigue la UD, así como con sus objetivos de aprendizaje y contenidos concretos. La respuesta a la segunda pregunta se relaciona primordialmente con las actividades de enseñanza y aprendizaje, en concreto con su selección y secuenciación.

¿Qué queremos que los alumnos aprendan, teniendo en cuenta para qué queremos que lo aprendan?

En el marco educativo competencial se enseña y aprende para la adquisición de competen-

La elaboración de unidades didácticas en el contexto actual supone un reto importante: se trata de diseñar unidades didácticas para promover la competencia científica

El diseño de cualquier situación de enseñanza y aprendizaje involucra, de forma explícita o implícita, el tratamiento de tres aspectos interrelacionados: qué, para qué y cómo enseñar y aprender

cia, entendiendo la competencia personal, social y/o profesional como la capacidad de resolver problemas reales aplicando conocimientos. En el caso de la competencia científica escolar, esto implica orientar la enseñanza de las ciencias a la capacitación para la actuación, en situaciones reales y relevantes, a partir de la movilización de conocimientos de ciencia escolar (Sanmartí, 2008). En consecuencia, una UD competencial debe plantearse qué actuaciones quiere promover, en qué contextos de relevancia hacerlo y para construir y movilizar qué conocimientos.

■ **La selección del contenido: pocas pero grandes ideas**

De acuerdo con lo anterior, el marco competencial implica la problematización de la selección del contenido, en particular respecto dos aspectos:

- El contenido que se enseñará debe servir al fin competencial, es decir, debe poder relacionarse con un contexto de relevancia para el alumnado y con una actuación en el mundo que desarrolle la competencia científica y también las competencias básicas del alumnado. Esto significa que el contenido deja de concebirse como interesante per se para entenderse como interesante para favorecer la actuación en el mundo real, con el que debe tener alguna relación. En consecuencia, no todos los contenidos «clásicos» tienen fácil cabida en una enseñanza com-

petencial. Por ejemplo, si no es fácil encontrar una actuación en un contexto relevante para los alumnos de la ESO para la que sea necesario dominar la ecuación del MRUA, ¿no será que quizás no debería enseñarse en ese nivel? Sin embargo, resulta fácil pensar situaciones para las que un alumno debe conocer la diferencia cualitativa entre moverse aceleradamente o no, recoger datos de variación de posición con un sensor o representar gráficamente estos datos (por ejemplo, para describir y relacionar el tipo de conducción con el perfil de consumo de combustible, entender cómo funciona un radar de velocidad o analizar la calidad de rebote de diferentes zapatillas de deporte). Aunque esta idea pueda resultar provocadora, son muchos los autores que en el marco de la enseñanza de las ciencias como alfabetización científica llevan décadas reclamando una revisión crítica de los contenidos a partir del análisis de su relevancia para los alumnos, señalando que muchos contenidos de los currículos actuales son rémoras de currículos históricos orientados a la formación de futuros científicos y no a la formación de ciudadanos alfabetizados científicamente. Esto implica incorporar los criterios de utilidad y responsabilidad social a la selección de los contenidos (American Association for the Advancement of Science, 1993). Diseñar una UD competencial hace necesaria esta revisión crítica y da

Diseñar una UD competencial hace necesaria esta revisión crítica y da herramientas para llevarla a cabo, al enfatizar el uso del contenido en contexto

herramientas para llevarla a cabo, al enfatizar el uso del contenido en contexto.

- El contenido que se enseñará ha de ser el central o clave para el pensamiento científico de los alumnos. Es decir, que «deben enseñarse los conceptos y teorías científicas imprescindibles para elaborar explicaciones básicas sobre el mundo natural» (Pedrinaci y otros, 2012). La razón primordial es que enseñar desde la perspectiva competencial resulta más exigente en tiempo y esfuerzo, lo cual obliga a reducir la cantidad y aumentar la profundidad (la calidad) con la que se trabajan los contenidos. Puesto que en este marco el contenido no hay que saberlo (reproducirlo, enumerarlo, aplicarlo rutinariamente...), sino saber usarlo para actuar (parapensar, hablar, hacer y sentir: para reflexionar, diseñar, argumentar, juzgar, decidir...), las actividades en las que los alumnos construyen estos contenidos son necesariamente más largas y complejas. Por tanto, los contenidos que se escogerán deben ser necesariamente menos y esto obliga a identificar cuáles son los contenidos clave o básicos en los que debemos centrar la enseñanza.

Afortunadamente, existe cierto consenso en didáctica de las ciencias respecto a cuáles son estos contenidos importantes desde la perspectiva de la alfabetización científica, es decir, las ideas científicas básicas tanto por su importancia en la ciencia (el valor intrínseco del conocimiento) como para la ciudadanía en el mundo de hoy. Una reciente revisión de Harlen (Harlen y otros, 2010) habla de diez grandes ideas de ciencia (además de otras cuatro sobre ciencia) que representan el contenido básico que todo alumno debe adquirir a lo largo de su escolarización obligatoria. Estas «grandes ideas» presentan grandes coincidencias con la propuesta de enseñanza de las

ciencias como enseñanza y aprendizaje de modelos centrales de ciencia escolar (modelo ser vivo, modelo cambio químico, modelo de materia...), de la UAB (Izquierdo, Sanmartí, García y otros). A diferencia de las grandes ideas, sin embargo, la noción de modelos escolares como contenido tiene mayor potencial didáctico, por dos motivos. Primero, porque sugiere cómo enseñar y aprender estos contenidos: modelizando o construyendo, usando, evaluando y revisando los propios modelos (Schwarz, 2009). Segundo, y como argumentan Pedrinaci y otros, porque, al tratarse de una práctica científica clave, la elaboración y evaluación de modelos científicos escolares no sólo sirve para aprender ciencia, sino también sobre ciencia (Pedrinaci y otros, 2012).

Una última idea asociada con la importancia de elaborar el currículo a partir de las ideas clave o modelos centrales es la necesidad de plantearse su enseñanza de forma progresiva. Puesto que estas ideas son complejas («costaron siglos de arduo trabajo a la humanidad»), una enseñanza orientada a su construcción no puede plantearse como «re-descubrimiento» ni tampoco como «apropiación de una vez y para siempre», sino como «una apropiación –profundamente constructiva– de potentísimas herramientas intelectuales que se van representando en el aula con el nivel de formalidad necesario para cada problema y cada momento del aprendizaje» (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009). Dicho de otro modo, la enseñanza de ideas clave o modelos centrales debe plantearse como progresión en su aprendizaje, es decir, como un camino que permita ir las construyendo en aproximaciones sucesivas a lo largo de la escolaridad. Por tanto, no se trata de repartir los contenidos en el trayecto curricular del alumno, sino de ir las revisando, añadiendo profundidad y complejidad en cada oportunidad, de acuerdo con la clásica (pero no por ello asumida) noción de currículo en espiral. En esta tarea puede ayudar-

Afortunadamente, existe cierto consenso en didáctica de las ciencias respecto a cuáles son estos contenidos importantes desde la perspectiva de la alfabetización científica

nos consultar orientaciones curriculares planteadas como progresión, en las que se destacan las diferentes etapas de las ideas científicas a lo largo del continuo 6-16 de la escolaridad (por ejemplo: proyecto 2061, *American Association for the Advancement of Science*, 2001).

Por último, aunque en todo lo anterior hemos privilegiado la dimensión conceptual de los contenidos, esto no significa que no se tengan en cuenta contenidos sobre ciencias, además de aspectos procedimentales y actitudinales. De hecho, una redacción de los contenidos de forma competencial incluye estos componentes sin la tradicional distinción entre ellos. Por ejemplo, la enseñanza del modelo de conservación y degradación de la energía (comprender que, aunque la cantidad de energía se conserva en el universo, cada vez se dispone de menos energía útil para hacer trabajo porque la energía se degrada en cada cambio) debe incorporar, desde la perspectiva competencial, una actitud de responsabilidad frente al consumo energético.

■ ¿Qué les haremos pensar, comunicar, hacer y sentir/ser para que lo aprendan?

Una vez iniciada la selección del contenido científico que se debe aprender (sea en listado, en forma de mapa conceptual u otros), el problema que se plantea toda UD es la planificación o diseño de las situaciones de aprendizaje, que plasmos en una secuencia de actividades. Diseñar esta secuencia como un «camino» que facilite la

construcción, en aproximaciones sucesivas, de una versión adecuada de la idea/modelo científico involucra tres aspectos clave:

- ¿De dónde parten los alumnos?
- ¿Qué hitos del camino debemos alcanzar?
- ¿Dónde queremos llegar y cómo sabremos que hemos llegado?

■ **Dónde llegar: competencia científica global y actividad de aplicación**

Una buena estrategia de diseño es comenzar a pensar en la UD por el final, es decir, «dónde queremos llegar» o cuál es el objetivo final que queremos conseguir con esta UD. Siguiendo con la lógica competencial, este objetivo final (que algunos autores llamamos «competencia científica global» de la UD) debe referirse a la capacidad de hacer algo (relacionado con la competencia científica), en un contexto determinado (de relevancia científicosocial), aplicando un conocimiento determinado (científico clave). Con respecto a qué actuaciones y contextos privilegiar, resultan inspiradores marcos como el de las cuestiones de relevancia sociocientífica (SSI por sus siglas en inglés), que enfatizan las actuaciones de alto nivel cognitivo o discursivo generalmente con carga valórica, como la toma de decisiones, el posicionamiento, la evaluación, el análisis crítico o la argumentación en contextos controvertidos o socialmente vivos. También la tradición CTS y CTSA ofrece ejemplos de contextos relevantes para el alumnado y, por tanto, con sentido directamente para ellos, su

Nuestra propuesta consiste en privilegiar el aprendizaje de las ideas o modelos clave por encima del aprendizaje de aspectos del contexto o de características de la actuación

comunidad o el mundo en general (relevancia personal, social o global), en los que se enfatizan las relaciones entre la ciencia y la tecnología con la sociedad y el entorno, integrando actuaciones de carácter científicotecnológico como diseñar o proponer soluciones. Nuestra propuesta, que se inspira en estas perspectivas, sigue sin embargo una lógica diferente al privilegiar el aprendizaje de las ideas o modelos clave por encima del aprendizaje de aspectos del contexto o de características de la actuación. Puesto que la actuación y el contexto se usan para aprender las ideas centrales de ciencias, seleccionamos aquellas situaciones en las que los conceptos o ideas científicas objeto de aprendizaje tienen un papel destacado y son imprescindibles para esa actuación en ese contexto. Esto no significa poner la actuación y el contexto al servicio del contenido «clásico», lo que obligaría a contextualizar y actuar de forma artificial y poco significativa (por ejemplo, intentar contextualizar el contenido clásico de formulación inorgánica podría llevarnos a plantear una actuación tan pobre como etiquetar muestras en un laboratorio desordenado). La idea es la de una relación a tres bandas entre actuación, contexto y contenido, donde se prioriza el contenido al escoger contexto y actuación, aunque se trata de contenidos competenciales que ya incorporan relevancia y significatividad de uso. En el cuadro 1 ponemos algunos ejemplos de competencias globales de UD.

Cuando la redacción del objetivo final o competencia global que se debe adquirir es adecuada, suele llevar implícita el germen de la actividad final de la UD, es decir, aquella actividad en la que los alumnos acaban de adquirir la competencia global y en la que demuestran el grado de dicha adquisición, y que, por tanto, es generalmente una actividad de aplicación y evaluación final. Para los ejemplos del cuadro 1, puede ser una actividad de selección de materiales razonada para el aislamiento acústico del local del grupo

Actuación	Contexto	Contenido conceptual	Competencia científica global
- Reflexionar. - Proponer (soluciones de diseño).	La problemática de la contaminación acústica en el ámbito vecinal.	- Naturaleza y propagación del sonido (modelo de partículas y de onda mecánica). - Propiedades acústicas de los materiales (modelo de partículas).	Reflexionar sobre la problemática de la contaminación acústica y presentar propuestas para mitigar sus efectos en el caso de un grupo musical que molesta a sus vecinos a partir de lo aprendido sobre el sonido y su interacción con los materiales.
Justificar (medidas de seguridad).	La necesidad de un uso responsable de la electricidad en el ámbito cotidiano.	- Naturaleza y propiedades de la corriente eléctrica (modelo de circuito eléctrico simple). - Materiales conductores y aislantes (modelo de partículas - carácter eléctrico).	Justificar la necesidad de unas medidas de seguridad en el uso de la electricidad en el ámbito cotidiano basadas en las nociones de circuitos eléctricos y materiales conductores y aislantes de la unidad.
- Argumentar (posicionarse). - Proponer (medidas de seguridad).	La polémica asociada a los vertederos nucleares.	Naturaleza de la radioactividad (modelo de partículas-naturaleza radioactiva).	Argumentar a favor o en contra de la construcción de un vertedero nuclear, y proponer medidas de control y seguridad en caso de construirlo a partir de lo aprendido de radiación nuclear y sus efectos conocidos.

Cuadro 1. Ejemplo de actuación, contexto, contenido conceptual y competencia científica global asociada a la actividad final de tres unidades didácticas

musical, la presentación oral de medidas de seguridad que se deben enseñar a los alumnos de cursos inferiores respecto a la electricidad o la redacción de una carta argumentando los motivos por los que no quieren que se instale un vertedero nuclear en el pueblo de al lado. Iniciar el diseño de una UD teniendo en cuenta que al final los alumnos han de ser capaces de hacer estas cosas (¡y no otras!) ayuda en la selección, diseño y adaptación de las actividades de enseñanza y aprendizaje intermedias, ya que en las diversas actividades de la UD les hemos de preparar para ello. A modo de ejemplo, para los alumnos que han de «argumentar a favor o en contra de la construcción de un vertedero nuclear» en la ESO, seguramente no sea necesario diferenciar entre radiación alfa, beta y gamma. Sin embargo, este contenido puede ser necesario en una UD de

bachillerato para decidir en qué casos de exposición a la radiación hay mayor riesgo para la salud.

■ Esbozando una trayectoria: secuenciación de los objetivos de aprendizaje en progresión de conocimiento y demanda cognitiva

La estrecha relación que existe entre el objetivo final de la UD y la actividad de su aplicación o evaluación final asegura que ponemos a los alumnos en la situación de acabar de aprender y demostrar que han aprendido aquello que explícitamente queremos que aprendan. Esta simbiosis entre objetivo y actividad, sin embargo, no suele darse en el diseño convencional de UD. Los problemas más comunes respecto a los objetivos de aprendizaje son que, o son demasiados y no permiten un aprendizaje significativo de lo

Secuenciar los objetivos de aprendizaje (y por tanto las actividades didácticas) como progresión de aprendizaje implica diseñar de acuerdo con un camino concreto que, creemos, ayudará a los alumnos a aprender

importante (se plantea una lista de objetivos sin priorizar), o no se relacionan con las actividades (no hay ninguna actividad que trabaje explícitamente lo que se quiere conseguir) o, al estar redactados como una lista sin orden establecido, no orientan la secuenciación de actividades.

Para evitar esta falta de concreción y relación entre objetivo y actividad, en nuestra propuesta diseñamos los objetivos de aprendizaje (OA) directamente asociados a las actividades de aprendizaje, de forma que nos proponemos un OA por actividad. Esto garantiza que no se diseñan o integran en la UD actividades que, aunque «funcionen bien» con los alumnos, no tienen un OA concreto: algo que haya que aprender para irnos aproximando al modelo científico objeto de aprendizaje y poder demostrar al final que se ha adquirido la competencia global.

Nuestra experiencia es que el profesorado novel piensa en la enseñanza en el aula en cuanto actividad, «enamorándose» de actividades que le parecen novedosas, generalmente por su formato (una práctica indagativa, un trabajo por expertos, una coevaluación...) e integrándolas en su UD una detrás de otra sin pensar demasiado en el orden, las conexiones ni el camino de sucesivas aproximaciones a la idea científica o modelo que se quiere que se aprenda. Esta visión refleja una visión común de la UD como suma de actividades, en lugar de UD como propuesta de progresión de aprendizaje.

Para poder redactar los OA de forma que guíen el camino hasta la actividad final, debemos

tener en cuenta el punto de partida de los alumnos. Una forma de hacerlo es analizar las demandas de aprendizaje que existen al comparar lo que se sabe con lo que se tiene que saber (concepto de Leach y Scott, 2002, citado en Couso, 2011). Redactar los OA en función del análisis de las demandas de aprendizaje obliga a explicitar dónde necesitan apoyo los alumnos y de qué tipo debe ser: qué aspectos o ideas de los alumnos podemos aprovechar (para construir a partir de ellos), en qué aspectos no presentes conviene hacerles pensar (porque son fundamentales para comprender o construir el modelo o idea científica) y cuáles debemos ayudarles a superar (porque son un obstáculo al aprendizaje). Por ejemplo, para llegar a dominar un modelo de circuito eléctrico simple podemos construir sobre las ideas que tienen los alumnos de que algo «circula» y algo «se gasta» en el circuito, pero favoreciendo la evolución/transformación de estas ideas de forma que no piensen que la carga sale de la pila y se gasta en la bombilla, sino que lo que «se gasta» es la capacidad de la pila de proporcionar (transferir) energía al circuito.

Redactar los OA sólo en función de las demandas de aprendizaje, aunque útil, no es suficiente para ayudar a articular la secuenciación de una UD, porque, como hemos comentado antes, además del punto de partida y de llegada necesitamos identificar hitos del camino. Estos hitos son estadios o pasos en el aprendizaje del modelo «objeto de aprendizaje», es decir, versiones o aspectos del modelo que se apoyan en lo aprendido y facilitan el siguiente paso en el aprendizaje. Secuenciar los objetivos de aprendizaje (y por tanto las actividades didácticas) como progresión de aprendizaje implica diseñar de acuerdo con un camino concreto que, creemos, ayudará a los alumnos a aprender. En palabras de Marbà (2013), «los objetivos de aprendizaje deberán articular una trayectoria, de las posibles que hay,

para conseguir que los alumnos construyan un primer modelo de aprendizaje». Es la articulación de esta trayectoria la que orienta la secuencia de objetivos y actividades de la UD.

El cuadro 2 muestra un ejemplo de secuenciación de los OA de una UD. Esta secuenciación se hace de acuerdo con una progresión de aprendizaje que tiene en cuenta dos variables. Por un

Progresión - conocimiento	Progresión - demanda	Redacción de los objetivos de aprendizaje de la UD competencial	Relación de las actividades diseñadas para conseguir los objetivos de aprendizaje
El sonido como señal - Se origina por vibraciones. - Se transmite a distancia, de emisor a receptor.	Identificar. Recordar. Observar. Reconocer.	Establecer la relación entre el sonido y la problemática de la contaminación acústica <u>Comprender que el sonido se genera por vibraciones y llega desde el emisor al receptor sin transporte de materia.</u>	Actividad 1. Mi música y mis vecinos A partir de la lectura de un artículo sobre la problemática de la contaminación acústica, se trabajan las ideas al respecto. Actividad 2. Nuestros sonidos preferidos A partir de la experimentación con diversos sonidos cotidianos, los alumnos identifican la vibración de un objeto como origen del sonido y representan su propagación.
Requiere un medio para poder transmitirse.	Observar. Reconocer.	<u>Reconocer la necesidad de un medio para la transmisión del sonido mediante el diseño y la realización de un experimento.</u>	Actividad 3. ¿Lo oyes o no lo oyes? Los alumnos diseñan y realizan una experiencia con materiales dados para comprobar el papel del medio en la transmisión del sonido.
Tiene características que: - Puedo medir (intensidad, tono). - Se relacionan con la forma en la que vibran las partículas del medio.	Medir. Relacionar.	<u>Identificar las diferentes características del sonido (intensidad, tono) relacionándolas con el comportamiento del medio al vibrar utilizando los recursos TIC y TAC.</u>	Actividad 4. ¿Cómo suena la batería de Juan? A partir del análisis de la vibración de la membrana de un tambor se presentan las diferentes características del sonido (tono e intensidad) y se relacionan con el movimiento de las partículas del medio en una simulación.
El sonido como onda - Con amplitud y frecuencia. - Relacionada con la forma en la que vibran las partículas del medio.	Relacionar. Utilizar (modelo).	<u>Utilizar el modelo de onda para describir cómo vibran las partículas del medio y relacionar características del sonido con las del modelo (amplitud y frecuencia) y sus unidades.</u>	Actividad 5. ¿Qué es eso de las ondas sonoras? Se introduce el modelo onda y se identifican las características del sonido con las de este modelo, utilizando una aplicación que facilita la abstracción del modelo de partículas al modelo de onda.
Al interaccionar con un nuevo medio, en parte se refleja, en parte se absorbe y en parte se transfiere.	Distinguir. Analizar. Explicar.	<u>Distinguir varios fenómenos producidos por la interacción entre el sonido y los materiales.</u>	Actividad 6. Eco ecoo Se identifican y diferencian los fenómenos que experimenta el sonido en una superficie: transmisión, reflexión (eco...) y absorción.





Progresión - conocimiento	Progresión - demanda	Redacción de los objetivos de aprendizaje de la UD competencial	Relación de las actividades diseñadas para conseguir los objetivos de aprendizaje
	Sintetizar. Abstraer.	Sintetizar los contenidos trabajados elaborando un resumen utilizando el lenguaje científico a partir de una situación cotidiana.	Actividad 7. ¿Qué pasa en la habitación de Juan? Se analiza una situación cotidiana de contaminación acústica, y se consensúa un resumen de los conceptos trabajados.
	Reflexionar. Explicar. Justificar.	Aplicar los conocimientos y el lenguaje científico adquiridos para elaborar una propuesta escrita de mitigación de los efectos de la contaminación acústica.	Actividad 8. ¡Periodistas por un día! Trabajo cooperativo con expertos con el objetivo de redactar un artículo que recoja su reflexión sobre el problema de la contaminación acústica, explicación científica y propuesta justificada de medidas de mitigación.

Cuadro 2. Unidad didáctica competencial sobre el sonido (2.º ESO)

lado, la progresión del modelo o idea del alumno, en la que se explicitan sus diferentes estados o etapas. Por otro, el hecho de que, al caminar hacia la competencia, la demanda cognitiva o aquello que somos capaces de hacer con las ideas también debe aumentar. Para el primer eje, podemos inspirarnos en progresiones de conocimiento propuestas en diversos currículos oficiales y documentos, basadas en análisis epistemológicos o historiográficos del contenido (progresión de ideas lógica desde el punto de vista de la disciplina), en resultados de investigación didáctica sobre las ideas previas de los alumnos en relación con los diferentes aspectos del modelo (progresión en función de la demanda de aprendizaje) o en los resultados sobre progresiones de aprendizaje empíricas, es decir, en las trayectorias de aprendizaje cuya adecuación ha quedado demostrada en la investigación didáctica (por ejemplo, la de Schwarz y otros, 2009, para la modelización). Para el segundo eje resultan inspiradoras propuestas de jerarquización de las habilidades de pensamiento, de las más simples (generalmente asociadas a los niveles infe-

riores de la taxonomía de Bloom, como memorizar, identificar...) a las de nivel cognitivo más elevado (habilidades de pensamiento de orden superior, como construir argumentos, plantear preguntas investigables, etc.). La idea, como recalca Marbà (2013), es que para llegar a hacer algo tan complejo con el conocimiento científico adquirido como argumentar, justificar o evaluar es necesario antes ser capaz de identificar, enumerar, describir, etc.

En nuestra propuesta, la combinación de ambos constructos (progresión de estadios del modelo o idea científica con progresión de niveles de demanda cognitiva) orienta la redacción de los OA. En el ejemplo de una UD sobre el sonido para 2.º de ESO (cuadro 2), una vez que se ha determinado el contenido que se trabajará, se propone en la columna de la izquierda una progresión de estadios del modelo basada en las ideas de los alumnos (por ejemplo, sabemos que se imaginan el sonido como «algo» que viaja, idea que podemos aprovechar al inicio para introducir un modelo de señal de emisor a receptor, y superar más adelante con la introducción de la necesidad del medio y el no

transporte de materia). Al combinar estos estadios con la progresión de demandas cognitivas de la segunda columna de la izquierda, podemos redactar los OA de la tercera columna (parte subrayada). Para conseguir estos objetivos se diseñan las actividades de la columna de la derecha. Al concretarse las actividades, sin embargo, debemos reformular parcialmente los objetivos introduciendo matices que se vinculan con la actividad concreta que les hacemos hacer (parte no subrayada de los OA). Estas reformulaciones son las que permiten que, además de los contenidos conceptuales, se desarrollen contenidos de corte procedimental o actitudinal y se contribuya a las competencias básicas. Por ejemplo, podemos introducir las ideas de frecuencia y amplitud de muchas formas, pero si lo hacemos con ciertos recursos TIC estaremos trabajando además contenidos procedimentales como la medición digital y la interpretación de gráficos, así como contribuyendo a la competencia básica de uso de TIC.

■ **Construyendo el camino: la secuenciación de las actividades de enseñanza y aprendizaje**

Elaborar una UD de acuerdo a una progresión de conocimiento y demanda cognitiva implica diseñar y secuenciar las actividades para que se pueda hacer emerger en el aula cada aspecto o estadio del modelo objeto de aprendizaje. Sin embargo, ya hace tiempo que sabemos que aprender es muy complejo y que no se pueden construir las nuevas ideas, ni siquiera convenientemente secuenciadas en un orden lógico o empírico, a no ser que partamos de lo que los alumnos saben (constructivismo), compartamos con ellos lo que se quiere saber (metacognición), progreseemos en complejidad de forma contextualizada (aprendizaje situado) y consigamos un cierto nivel de abstracción antes de la aplicación (transferencia). En este sen-

tido, tanto a nivel micro de cada actividad de construcción de estadios del modelo (en gris en el cuadro 2) como a nivel macro de cada secuencia o toda la UD completa (el resto de las actividades del cuadro 2), se deben diseñar momentos de exploración y apropiación de objetivos al inicio, estructuración o síntesis de lo aprendido y aplicación final. Estas ideas de sub y supra estructura, basadas en el ciclo de aprendizaje de Karplus modificado por Jorba y Sanmartí, ayudan a que el camino global de aprendizaje de una idea científica se realice de acuerdo con lo que sabemos del aprendizaje. Con el mismo objetivo podrían utilizarse otras guías para la secuenciación global, como el ciclo de indagación o de proceso ABP.

■ **Resumen, implicaciones y limitaciones de la propuesta**

Nuestra propuesta de guía para el diseño de UD se basa en seis premisas:

1. La unidad de enseñanza y aprendizaje es la secuencia de actividades de enseñanza y aprendizaje o UD y no cada una de estas actividades.
2. Las UD competenciales deben preparar para la actuación significativa, en contextos de relevancia, con un conocimiento científico central.
3. La selección de contenidos es crucial. Proponemos orientarla a las grandes ideas o

Tanto a nivel micro de cada actividad de construcción de estadios del modelo como a nivel macro de cada secuencia o toda la UD completa, se deben diseñar momentos de exploración y apropiación de objetivos al inicio, estructuración o síntesis de lo aprendido y aplicación final

- modelos centrales de la ciencia escolar, seleccionando los aspectos incluidos de acuerdo con criterios de utilidad y responsabilidad social.
4. El aprendizaje de la idea científica o modelo puede secuenciarse paso a paso, como estadios o niveles en una progresión de aprendizaje que tenga en cuenta el punto de partida de los alumnos y la necesidad de ir aumentando en complejidad tanto los aspectos/versiones del modelo que debe aprenderse como la demanda cognitiva asociada (lo que somos capaces de hacer con estas ideas).
 5. Construir cada aspecto o estadio del modelo debe ser un objetivo de aprendizaje, y por tanto debe trabajarse en alguna actividad diseñada para ello.
 6. Utilizar una estructura básica como la del ciclo de aprendizaje ayuda a tener en cuenta cómo se aprende a nivel de cada actividad y secuencia o UD.

Estas ideas tienen algunas consecuencias que vale la pena discutir. En nuestra propuesta, y con el objetivo de subrayar la importancia de saber ciencia para tener competencia científica, hemos hecho hincapié en los contenidos conceptuales, centrándonos en la idea de los modelos centrales y mencionando cómo una visión competencial del contenido incorpora aspectos procedimentales y actitudinales. Sin embargo, creemos que la selección del contenido es algo mucho más complejo y que no hemos resuelto aquí la dificultad de seleccionar todo aquello que en realidad queremos enseñar. Por ejemplo, la enseñanza de «hábitos de la mente» asociados al pensamiento científico, como la curiosidad, la apertura a nuevas ideas, el escepticismo... (American Association for the Advancement of Science, 1993), o la enseñanza de «formas de

mirar» de la ciencia, como las nociones de parte-estructura, cambio-conservación, etc. (García, 1998, en Sanmartí, 2002). Nuestra experiencia es que el profesor experto utiliza y muestra estas ideas, tanto en el diseño como en la actuación. Sin embargo, faltaría incorporar en las propuestas de diseño de UD un espacio formal para orquestar estos «contenidos» que generalmente no incluimos explícitamente.

Coincidimos con Marbà (2013) en que quizás la parte esencial de nuestra propuesta es usar el concepto de *progresión de aprendizaje*. Además de para el diseño de UD, este concepto sirve también para orientar la programación desde una perspectiva más amplia. Como hemos indicado, algunos currículos articulan sus contenidos de esta forma, basados generalmente en los mapas de la American Association for the Advancement of Science (2001). La idea es que el profesor conozca los diferentes niveles a los que trabajar una idea científica, sitúe a sus alumnos en esta progresión y les ayude a avanzar hasta el estadio siguiente, que no es generalmente la versión final de la idea, sino un necesario paso intermedio. Utilizar el concepto de *progresión de aprendizaje* para diseñar implica reconocer que aprender ciencias es extremadamente complejo, y sólo podemos hacerlo a micro (UD), meso (curso) y macro escala (ciclo, nivel, etapa) en aproximaciones sucesivas.

En nuestra propuesta redefinimos el concepto de *objetivo de aprendizaje* para que dé cuenta de este carácter progresivo. En este sentido, recomendamos diseñar un OA competencial por actividad, de forma secuencial de acuerdo con una progresión de conocimiento y demanda cognitiva. Por tanto, nuestros OA no son un listado de todo aquello que el alumno debe saber al final de la UD y que por tanto debemos evaluar en la actividad final, sino una guía del camino que ideamos para que el alumno llegue a saber lo

Utilizar el concepto de *progresión de aprendizaje* para diseñar implica reconocer que aprender ciencias es extremadamente complejo, y sólo podemos hacerlo a micro (UD), meso (curso) y macro escala (ciclo, nivel, etapa) en aproximaciones sucesivas

que queremos que aprenda. Así, los OA que proponemos sirven para guiar lo que se debe aprender en cada actividad y no lo que debe estar aprendido al final.

Aunque hemos propuesto una secuencia ordenada para el diseño de UD, la realidad es más compleja. Es difícil pensar en diseñar una UD siguiendo pasos uno tras otro. Generalmente, nuestros alumnos y sus tutores diseñan las UD en un ir y venir entre el esbozo y la determinación de contenido, contexto, actuación (nivel al que trabajo el modelo, aspectos del contexto que enfatizo, dimensiones de la actuación que pretendo) y las actividades para conseguirlo.

Por último, a pesar de la importancia que otorgamos al diseño de UD tanto en la formación como en la innovación o incluso desde la perspectiva de la investigación didáctica, no querríamos transmitir la idea de que el costoso proceso de diseñar UD competenciales que aquí desgarramos debe ser el seguido por todos los profesores para todos los materiales que usan. Por un lado, existen en la literatura otras propuestas para el diseño de UD fundamentadas en la investigación didáctica (para una revisión de las más importantes en castellano, véase Couso, 2011). Por otro, desde nuestra perspectiva no se trata de que el profesorado diseñe partiendo de cero todos sus materiales didácticos. El objetivo que nos proponemos al exponer esto que llevamos

años trabajando a los futuros profesores es que el profesorado tanto novel como en activo disponga de criterios para decidir cuán adecuado es un material didáctico, cómo puede insertarlo en una secuencia de enseñanza y aprendizaje concreta y cómo adaptarlo para que tenga el máximo sentido y potencial de aprendizaje para sus alumnos, en su contexto de aula.

Nota

- * AGRADECIMIENTOS: Muchas de las reflexiones aquí incluidas son producto del trabajo compartido con el equipo docente de ciencias del Máster FIPS de la UAB, al que agradezco su estímulo constante. Los ejemplos de contextos, actuaciones, objetivos de aprendizaje y UD son de alumnos de este mismo máster. Merecen particular mención las alumnas C. Simarro y S. Álvarez, que diseñaron la UD sobre el sonido del cuadro 2. Estas ideas para el diseño de UD competenciales forman parte del proyecto COMPEC, financiado por el MICINN, ref. EDU2009-08885.

Referencias bibliográficas

- ADURIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2009): «Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales». *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, núm. esp., pp. 40-49.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1993): *Project 2061: Benchmarks for Science Literacy*. Nueva York. Oxford University Press.
- (2001): *Project 2061: Atlas of Science Literacy*. Vol. 1. Nueva York. Oxford University Press.
- COUSO, D. (2011): «Las secuencias didácticas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación», en CAAMAÑO, A. (coord.): *Didáctica de la física y química*. Barcelona. Graó, pp. 57-84.

- HARLEN, W. (ed.) (2010): *Principios y grandes ideas de la educación en Ciencias*. Association for Science Education.
- MARBÀ, A. (2013): «Las progresiones de aprendizaje: una herramienta para pensar en qué y cómo enseñar». *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* [en prensa].
- PEDRINACI, E. y otros (2012): *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona. Graó.
- SANMARTÍ, N. (2002): *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid. Síntesis Educación.
- (2008): «Què comporta desenvolupar la competència científica?». *Guix: Elements d'Acció Educativa*, núm. 334, pp. 11-16.

SCHWARZ, C.V., y otros (2009): «Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners». *Journal of Research in Science Teaching*, núm. 46, pp. 632–654.

Dirección de contacto

Digna Couso Lagarón

Universidad Autónoma de Barcelona

digna.couso@uab.cat

Este artículo fue solicitado por ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES en septiembre de 2012 y aceptado en febrero de 2013 para su publicación.