

# Conocimiento y emociones del profesorado



Colección  
Investigar en el Aula

Coordinadores  
Gerardo Andrés Perafán Echeverri  
Edelmira Badillo Jiménez  
Agustín Adúriz-Bravo

EDITORIAL  
**aula** 

Conocimiento y  
emociones del profesorado  
Contribuciones para su desarrollo  
e implicaciones didácticas

Conocimiento y  
emociones del profesorado  
Contribuciones para su desarrollo  
e implicaciones didácticas

Coordinadores

Gerardo Andrés Perafán Echeverri

Edelmira Badillo Jiménez

Agustín Adúriz-Bravo

EDITORIAL  
**aula**   
DE HUMANIDADES

---

Conocimiento y emociones del profesorado. Contribuciones para su desarrollo e implicaciones didácticas / Gerardo Andrés Perafán Echeverri, Coordinador, Edelmira Badillo Jiménez, Coordinadora, Agustín Adúriz-Bravo, Coordinador; Germán Vargas Guillén, Director Víctor Eligio Espinosa Galán, Editor Literario. – 1ª ed. – Bogotá: Editorial Aula de Humanidades, 2016

Páginas 326

ISBN: 978-958-59419-0-8

Incluye: Referencias Bibliográficas

Incluye: índice de Temas.

1. Metodología de la Enseñanza 2. Enseñanza - Aprendizaje 3. Pedagogía. 4. Práctica Docente.  
5. Proceso Enseñanza - Aprendizaje 6. Educación – Investigaciones. 7. Metodología de la Investigación.  
8. Formación Profesional de Maestros. I. Perafán Echeverri, Gerardo Andrés, coordinador. II. Badillo Jiménez, Edelmira, coordinadora. III. Adúriz-Bravo, Agustín, coordinador. IV. Vargas Guillén, Germán, director. V. Espinosa Galán. Víctor Eligio, editor literario.

371.3 cd. 21 ed.

---

ISBN 978-958-59419-0-8

© Editorial Aula de Humanidades, S.A.S

© Gerardo Andrés Perafán Echeverri, Edelmira Badillo Jiménez, Agustín Adúriz-Bravo.

Primera edición, 2016

Editorial Aula de Humanidades

Dr. Germán Vargas Guillén

Director

info@editorialhumanidades.com

Víctor Eligio Espinosa Galán

Editor Literario

Camilo Cárdenas

Asistente Editorial

[www.editorialhumanidades.com](http://www.editorialhumanidades.com)

Este libro fue evaluado y aprobado

para publicación mediante un proceso de arbitraje en la modalidad de “doble ciego”

Corrección de estilo: Camilo Cuéllar

Diseño y diagramación: Lápiz Blanco

Ilustraciones del libro elaboradas para esta edición por Daniel Alejandro Perafán Del Campo

Hecho el depósito legal que ordena la Ley 44 de 1993 y su decreto reglamentario 460 de 1995

# Contenido

---

Presentación.....	9
Capítulo 1	
Empoderamiento docente: la práctica docente más allá de la didáctica... ¿qué papel juega el saber en una transformación educativa? .....	17
<i>Ricardo Cantoral, Daniela Reyes-Gasperini, Gisela Montiel</i>	
Capítulo 2	
Las emociones en el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias en secundaria .....	45
<i>Ana Belén Borrachero Cortés, Emilio Costillo Borrego y Vicente Mellado Jiménez</i>	
Capítulo 3	
El conocimiento profesional docente específico asociado a categorías particulares. Fundamentación con estudio de caso.....	65
<i>Gerardo Andrés Perafán Echeverri</i>	

#### Capítulo 4

Conocimiento profesional específico del profesor de tecnología e informática sobre el concepto de tecnología.....97

*Jorge Mario Ortega Iglesias*

#### Capítulo 5

Aspectos generales y primeros avances para el encuadre de una investigación sobre el conocimiento profesional específico del profesorado de química asociado a la noción de nomenclatura química.....133

*Gerardo Andrés Perafán Echeverri, Fredy Mauricio Tinjacá Benítez*

#### Capítulo 6

Una mirada a la complejidad del conocimiento de las profesoras y profesores de ciencias, desde la propuesta de ejes DOC: Dinamizadores, Obstáculo y Cuestionamiento .....155

*Alicia Martínez Rivera*

#### Capítulo 7

¿Cómo incidir en el conocimiento didáctico del contenido?: análisis de una intervención formativa en maestros de matemáticas en ejercicio? .....185

*Edelmira Badillo, Isabel Moreno, Digna Couso*

#### Capítulo 8

Enseñar matemáticas y aprender a mirar de forma profesional la enseñanza. (Del análisis del conocimiento y práctica del profesor al desarrollo de la competencia docente mirar profesionalmente).....211

*Salvador Llinares*

#### Capítulo 9

La competencia en análisis didáctico. Una mirada desde el enfoque ontosemiótico .....239

*Vicenç Font, Marta Adán, Norma Rubio, Susana Ferreres*

Capítulo 10	
Elaboración de unidades didácticas competenciales en la formación profesional del profesorado de ciencias .....	265
<i>Digna Couso y Agustín Adúriz-Bravo</i>	
Capítulo 11	
Evolución de los modelos de enseñanza de la argumentación en ciencias. Un estudio de caso en la educación primaria .....	287
<i>Francisco J. Ruiz O, Conxita Márquez B, Oscar E. Tamayo A.</i>	
Índice de temas .....	309

# Capítulo 10

---

## La enseñanza del diseño de unidades didácticas competenciales en la profesionalización del profesorado de ciencias

*Digna Couso*<sup>25</sup>

*Agustín Adúriz-Bravo*<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup> Departament de Didàctica de les Matemàtiques i de les Ciències Experimentals/CRECIM, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, España. Correo electrónico: digna.couso@uab.cat

<sup>26</sup> CONICET/CeFIEC-Instituto de Investigaciones Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar

## Resumen

La elaboración de unidades didácticas puede ser considerada la competencia fundamental del profesorado de ciencias en ejercicio. Así, enseñar a los nuevos profesores y profesoras a diseñar unidades constituiría el núcleo mismo de su profesionalización. El contexto curricular actual nos impone un constreñimiento: las unidades deberían estar dirigidas a la promoción de competencias científicas en el estudiantado. Dado que el paradigma competencial es muy joven, no disponemos aún de suficientes lineamientos de diseño; este capítulo aporta ideas en esa dirección, discutiendo con cierto detalle tres cuestiones fundamentales del saber profesional docente —qué enseñar, para qué enseñarlo y cómo enseñarlo— desde la perspectiva de los currículos estructurados por competencias. Para ello se introducen las nociones de “modelo irreducible” y “progresión de aprendizaje”.

## Introducción

La elaboración de unidades didácticas —o “secuencias de enseñanza y aprendizaje”, como se las suele llamar en la literatura didáctica de influencia anglosajona— debería ser, indudablemente, la competencia fundamental del profesorado de ciencias en ejercicio en todos los niveles educativos (Caamaño, 2013). Es por ello que, en nuestra opinión, enseñar a diseñar unidades didácticas (que de aquí en más designaremos como UD<sub>s</sub>) habría de constituirse en el núcleo mismo de la formación profesional de los nuevos profesores y profesoras. Sin embargo, en el contexto curricular actual existe un importante reto: se trata de enseñar a los profesores a diseñar UD<sub>s</sub> para que ellos promuevan competencias científicas en su estudiantado. Teniendo en cuenta que solo estamos empezando a asumir el cambio hacia el “paradigma competencial”, reconocemos que no disponemos de suficientes buenos ejemplos de diseño en los que inspirarnos. Por ello, en este capítulo queremos compartir algunas ideas que hemos explorado desde el punto de vista teórico o ensayado de manera práctica con aprendices de profesor, a fin de ir desplegando una suerte de guía “profesionalizadora” para la elaboración de UD<sub>s</sub> de ciencias de carácter competencial.

El diseño de UD involucra, de manera explícita, el tratamiento interrelacionado de tres aspectos: qué enseñar, para qué enseñarlo y cómo enseñarlo (tres de las grandes “preguntas curriculares” clásicas). Dentro de un marco general de currículos de ciencias competenciales, nos resulta útil abordar esos aspectos a través de las siguientes cuestiones:

1. ¿Qué queremos que los estudiantes aprendan, a la luz de para qué consideramos que lo tienen que aprender?
2. ¿Qué les haremos pensar, comunicar y hacer a los estudiantes para que lo aprendan?

La respuesta a la primera pregunta tiene que ver con reconocer y concretar el *objetivo global*, competencial, que persigue una UD de ciencias, relacionándolo con las metas de aprendizaje y con los contenidos concretos que se pretende enseñar. Dar respuesta a la segunda pregunta, por su parte, requiere diseñar con mucho detalle *actividades de enseñanza* “actuacionales”, poniendo especial cuidado en el desempeño profesional docente y en la evaluación. Dedicaremos el resto del capítulo a examinar estas dos ideas de fuerza.

Nuestra propuesta teórica usa el llamado “ciclo de aprendizaje” (Sanmartí, 2002) como ayuda para la secuenciación de contenidos en la unidad completa y en cada actividad. Entendemos, sin embargo, que la superestructura de una UD podría seguir modelos de secuenciación alternativos a este (tales como el cambio conceptual, el ciclo de indagación, la resolución de problemas, la mediación analógica [Caamaño, 2013]). Otro elemento esencial del marco que exponemos en este capítulo es nuestra recuperación del concepto de “progresión de aprendizaje”. Algunos currículos de ciencias ya están articulados bajo este supuesto, de modo que el profesorado reconoce en ellos los diferentes niveles en los cuales puede trabajar una misma idea científica. La propuesta es situar al estudiantado en la progresión y hacerlo avanzar por estadios intermedios necesarios para ir adquiriendo los contenidos científicos paso a paso.

## Qué enseñar y aprender de ciencias teniendo en cuenta las finalidades y valores de la educación científica

En el marco educativo competencial se enseña y se aprende para la adquisición de “competencia(s)”, entendiendo la competencia personal, social o profesional como la capacidad de resolver problemas reales aplicando conocimiento de manera solvente (Sanmartí, 2007). En el caso de las *competencias científicas escolares*, esto implica orientar la enseñanza de las ciencias hacia la capacitación para la actuación, en situaciones reales, y a partir de la movilización de conocimientos relevantes de ciencia escolar (Sanmartí, 2007). En consecuencia, una UD competencial de ciencias debería plantearse qué “actuaciones” quiere promover, en qué contextos de relevancia hacerlo, y para construir y movilizar qué conocimientos científicos.

El marco de las competencias nos invita a la problematización de la selección de contenidos (Couso, 2013). El contenido a enseñar ha de *servir* al fin competencial, es decir, ha de poder relacionarse con un contexto que enmarque la actuación y con un conjunto de capacidades bien delimitadas, de modo que se desarrolle en el estudiantado lo que llamaremos más abajo “competencia científica global”. Esto significa que el contenido no es importante e interesante *per se*, sino en cuanto puede favorecer la actuación en el mundo real, con el que debe guardar alguna relación. En consecuencia, no todos los contenidos disciplinares eruditos tienen fácil cabida en una enseñanza competencial de las ciencias; por ejemplo, si no es fácil encontrar una actuación en un contexto relevante para los estudiantes de secundaria básica para la que sea necesario dominar la ecuación del movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV), ¿no será que quizás esto no debería enseñarse en ese nivel? En contraste, resulta muy fácil pensar situaciones en las que un estudiante de educación obligatoria deba conocer la diferencia *conceptual* entre moverse aceleradamente o no (por ejemplo, para poder relacionar el tipo de conducción de un coche con el perfil de consumo de combustible, entender las comparaciones entre un choque frontal y una caída libre que circulan en los medios de comunicación, o analizar la aparente “ingravidez” que sufren los astronautas en órbita).

Autores que conceptualizan la enseñanza de las ciencias como “alfabetización científica” llevan décadas reclamando una revisión crítica de los contenidos

a enseñar a *partir del análisis de su relevancia para el estudiantado*, enfatizando que muchos de los contenidos presentes en los currículos actuales son herencia de currículos históricos elitistas orientados a la preparación de futuros científicos y no a la formación de ciudadanos alfabetizados científicamente. Esta revisión crítica implica incorporar los criterios de *utilidad* y de *relevancia social* a la selección de los contenidos de ciencias (AAAS, 1993). Nuestra hipótesis es que *enseñar al profesorado a diseñar UD's desde la perspectiva competencial les da herramientas profesionales* para repensar la selección de contenidos, al poner el foco de atención en la aplicación de cada contenido científico en un contexto discernible, con el propósito de alcanzar ciertas finalidades y satisfacer ciertos valores propios de la ciencia escolar y, por tanto, profundamente educativos (Izquierdo-Aymerich, 2006).

Un criterio fuerte para guiar la revisión antedicha supone considerar si el contenido a enseñar resulta o no genuinamente central o clave para fomentar el pensamiento científico en el estudiantado. En este sentido, “deben enseñarse los conceptos y teorías científicas imprescindibles para elaborar explicaciones básicas sobre el mundo natural” (Pedrinaci, 2012, p. 59). Enseñar desde la perspectiva competencial resulta más demandante en tiempo y esfuerzo, lo cual obliga a reducir la cantidad de contenidos a trabajar y a aumentar la profundidad (la calidad) con la que se trabajan. Puesto que desde este marco no hay que *saber* el contenido (saber “reproducirlo”, exponerlo, aplicarlo rígidamente...), sino *saber usarlo* para pensar, hablar, hacer, ser y sentir (aplicarlo para reflexionar, diseñar, argumentar, evaluar, decidir...), las actividades en las que los estudiantes construyan los conocimientos curriculares serán más largas y complejas. Por tanto, los contenidos de ciencia escolar han de ser necesariamente menos, y esto obliga a identificar cuáles son los contenidos clave, básicos e irrenunciables, en los que debemos centrar la enseñanza de las ciencias en la educación obligatoria.

Podemos decir que existe un cierto consenso en la didáctica de las ciencias respecto a cuáles son estos contenidos importantes desde la perspectiva de la alfabetización científica, es decir, aquellas ideas científicas básicas tanto por su importancia en la ciencia (valor intrínseco del conocimiento) como por su utilidad para la ciudadanía en el mundo de hoy. Una reciente revisión de varios autores (Harlen, 2012) habla de diez “grandes ideas” de ciencia (además de otras cuatro *sobre* ciencia) que representan el contenido “de mínimas” que todo

estudiante debería adquirir a lo largo de su escolarización obligatoria (figura 1). Estas grandes ideas resuenan enormemente con la propuesta de enseñanza de las ciencias como enseñanza de los modelos centrales, *irreducibles*, de la ciencia escolar (modelo ser vivo, modelo cambio químico, modelo materia, etc.), definidos por la escuela teórica de la UAB (Izquierdo-Aymerich, Sanmartí, García y sus colegas). La noción de los modelos científicos escolares como contenido tiene un enorme potencial didáctico por dos motivos. Primero, porque sugiere la forma en la cual enseñar ese contenido: *modelizando–construyendo*, usando, evaluando y revisando los propios modelos (Schwarz et al., 2009). Segundo, y como argumentan Pedrinaci y otros (2012), porque al tratarse de una práctica científica clave, la elaboración y evaluación de modelos científicos escolares no sólo sirve para aprender ciencias, sino también sobre ciencias, es decir, enseña aspectos de la *naturaleza de la ciencia*. Así, desde nuestra concepción “modeloteórica”, entendemos la UD como “una ejemplificación (...) de visiones epistemológicas sobre la naturaleza del conocimiento” (Caamaño, 2013, p. 5).

### **Ideas de la ciencia**

- 1** Todo material en el Universo está compuesto de partículas muy pequeñas.
- 2** Los objetos pueden afectar otros objetos a distancia.
- 3** El cambio de movimiento de un objeto requiere que una fuerza neta actúe sobre él.
- 4** La cantidad de energía del universo siempre es la misma, pero la energía puede transformarse cuando algo cambia o se hace ocurrir.
- 5** La composición de la Tierra y de la atmósfera y los fenómenos que ocurren en ellas le dan forma a la superficie de la Tierra y afectan su clima.
- 6** El sistema solar es una muy pequeña parte de una de los millones de galaxias en el Universo.
- 7** Los organismos están organizados en base a células.
- 8** Los organismos requieren de suministro de energía y de materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que compiten con otros organismos.
- 9** La información genética es transmitida de una generación de organismos a la siguiente generación.
- 10** La diversidad de los organismos, vivientes y extintos, es el resultado de la evolución.

**Figura 1.** Las diez “grandes ideas” de la ciencia a enseñar. Tomado de *Principios y grandes ideas para la educación en ciencias: competencias de ciencias en la escuela*, W. Harlen, 2012, Madrid:

Editorial Popular.

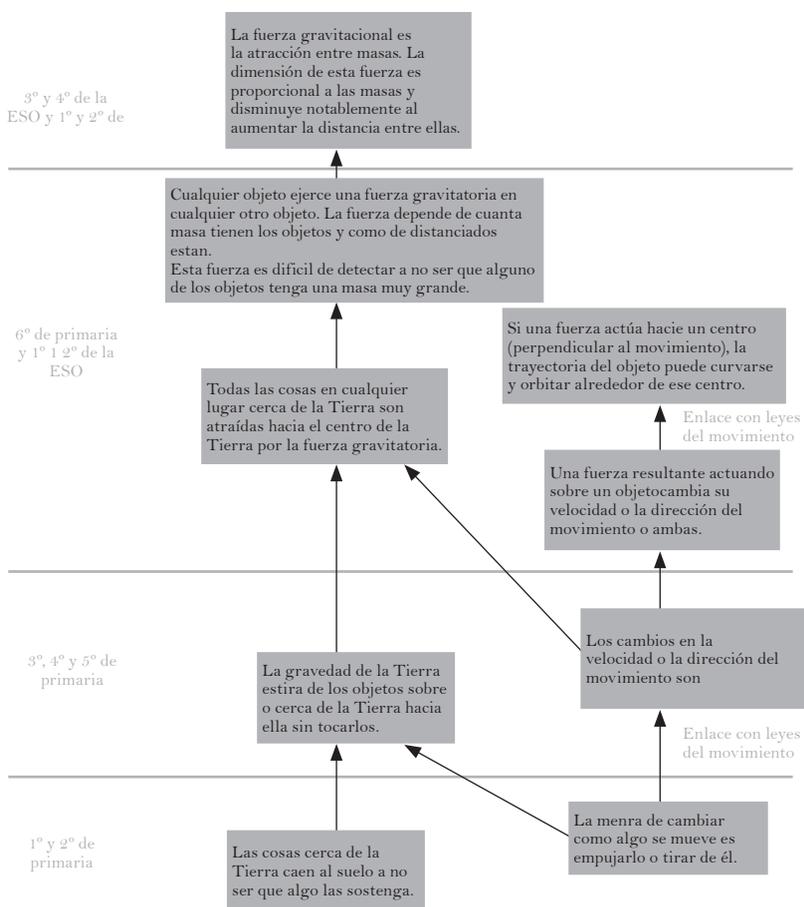
La selección de grandes ideas, modelos irreducibles u otras modalidades posibles responde a la voluntad de que el profesorado sea capaz de reducir la extensión de un currículo tradicional, excesivo en detalles que oscurecen lo esencial, para dedicar su tiempo a la construcción de aquello que tiene gran significatividad dentro de la ciencia y que habilita al estudiantado a predecir, explicar y actuar en el mundo. La investigación didáctica ha mostrado reiteradamente que el estudio de conceptos fragmentados no conduce a comprensión si no se trabaja explícitamente el modelo científico importante detrás de todos esos conceptos. Por ejemplo, a partir de examinar por separado todas y cada una de las reacciones químicas posibles, realizar toda suerte de cálculos y experimentar con variedad de ejemplos, los estudiantes no construyen de forma automática la idea abstracta de *cambio químico* ni las “reglas del juego” asociadas a él. Solo una enseñanza que se plantea desde un principio el objetivo de llegar a generar la gran idea o modelo científico escolar de cambio químico introduce, por caso, la reacción de combustión como un *építome* o *ejemplo paradigmático* de cambio a partir del cual comprender otros cambios.

Una última cuestión asociada con la importancia de orientar la práctica profesional de enseñar ciencias con base en los modelos irreducibles es la necesidad de plantearse su enseñanza de forma gradual y progresiva. Puesto que estas estructuras de contenido son complejas (“llevaron siglos de arduo trabajo a la humanidad”: Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009, p. 47), una enseñanza que avizora su construcción no puede plantearse como incorporación de una vez y para siempre ni tampoco como redescubrimiento, sino más bien 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-Aymerich, 2009, p. 47).

Dicho de otra forma, la enseñanza de modelos irreducibles debería pensarse como una auténtica *progresión de aprendizaje* de los mismos, es decir, como un camino que permita irlos construyendo en aproximaciones sucesivas a lo largo de la escolaridad. Por tanto, no se trata de “distribuir” los contenidos en la trayectoria curricular del estudiante (por ejemplo, decidir cuáles modelos deben

trabajarse en primer año y cuáles en tercer año de la secundaria básica), sino de irlos revisitando, añadiendo profundidad y complejidad en cada oportunidad, de manera espiralada. En esta reorientación del currículo enseñado ayuda que el profesorado consulte instancias de secuenciación de contenidos ya planteadas desde la perspectiva de la progresión de aprendizaje en las que se definen con claridad las diferentes etapas de profundización de las ideas científicas a lo largo del continuo de la escolarización obligatoria (ver el ejemplo de la figura 2, que corresponde al *Proyecto 2061* [AAAS, 2001]).



**Figura 2.** Ejemplo de progresión de aprendizaje para el modelo de gravitación. Adaptado del Proyecto 2061. Los niveles de escolaridad corresponden al sistema español.

Por último, aunque en todo lo anterior hemos privilegiado la dimensión conceptual declarativa de los contenidos de ciencias, por tratarse de aquella que —a nuestro modo de ver— sirve mejor para que el profesorado lleve adelante la selección, esto no significa que no se tengan en cuenta contenidos *metacientíficos* (esto es, sobre ciencias), procedimentales o actitudinales. De hecho, una construcción de los contenidos de forma competencial incluye todos esos componentes sin necesidad de la tradicional distinción entre ellos. Por ejemplo, la enseñanza del modelo de conservación y degradación de la energía (hacer comprender que, aunque la cantidad total de energía se conserva en el universo, se dispone cada vez de menos energía útil para hacer trabajo, dado que la energía se degrada en cada cambio espontáneo) debe incluir, desde la perspectiva de las competencias, una actitud de responsabilidad frente al consumo energético.

## ¿Qué les haremos pensar, comunicar y hacer a los estudiantes para que aprendan todo esto?

Una vez acometida la selección del contenido de acuerdo a los modelos irreducibles, pero también a los contextos en los que se va a usar ese contenido y a las formas de usarlo que privilegiaremos, el problema que enfrenta todo profesor de ciencias al diseñar una UD es la planificación o el diseño de las situaciones de aprendizaje. Estas situaciones, plasmadas en una secuencia de actividades, han de ayudar al estudiante a construir en aproximaciones sucesivas una versión adecuada del modelo científico escolar que queremos que aprenda, de forma que sea capaz de usarlo en los contextos que le proponemos. A la hora de diseñar un “camino” adecuado que el estudiantado pueda seguir, habría que tener en cuenta cuatro aspectos clave (Couso, 2013): de dónde parten los estudiantes; qué hitos del camino debemos alcanzar para asegurarnos de que vamos bien; a dónde queremos llegar; y cómo sabremos que estamos llegando/hemos llegado.

## La competencia científica global como meta

Nos interesa fomentar en el profesorado, como estrategia profesional, el “diseño reverso”, vale decir, que se comience a pensar las UD’s por el final, con la idea en mente de “a dónde queremos llegar”. Se trata de tener en claro cuál es el objetivo final que queremos conseguir con una UD. Ese objetivo final (que algunos autores llamamos “competencia científica global” de la UD [Couso, 2013]) ha de referirse a la *capacidad* de hacer algo (en relación con una determinada actuación científica), en un cierto *contexto* (de relevancia científico-social), aplicando un *conocimiento* (científico clave), organizado modelo teóricamente (Adúriz-Bravo, 2012). Con respecto a qué actuaciones y contextos privilegiar, resultan inspiradores marcos como el de los “asuntos sociocientíficos” (SSI, por sus siglas en inglés). Los asuntos sociocientíficos enfatizan las actuaciones de alto nivel cognitivo y discursivo, y generalmente con elevada carga valórica, tales como el posicionamiento, la toma de decisiones, la evaluación, el análisis crítico o la argumentación en contextos controvertidos o socialmente vivos. También la tradición ciencia-tecnología-sociedad (CTS) ofrece ejemplos de contextos relevantes para el estudiantado: con sentido para ellos (relevancia personal), para su comunidad (relevancia social) y para el mundo en general (relevancia global). La perspectiva CTS examina las imbricaciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad y el entorno, y añade a las actuaciones canónicas la de proponer soluciones para problemas reales bien delimitados.

Nuestra propuesta se inspira en estas perspectivas, pero se separa de ellas en un aspecto medular: sigue la lógica de privilegiar el aprendizaje de los modelos irreducibles por encima del aprendizaje de aspectos *específicos* del contexto o de la actuación. En nuestra propuesta nos referimos a actuaciones contextualizadas en las que los conceptos o ideas científicas objeto de aprendizaje tienen un papel destacado y son imprescindibles para el desempeño solvente. Esto no significa poner la actuación y el contexto *al servicio del contenido “clásico”*, lo que obligaría a operar de forma artificial y poco significativa (por ejemplo, intentar pseudo-contextualizar el saber canónico de la formulación química inorgánica podría llevarnos a plantear una actuación tan pobre como etiquetar muestras incógnita en un hipotético “laboratorio desordenado”). Así, adherimos a una concepción de la competencia global que, por una parte, sintoniza capacidad, contenido y

contexto y, por otra, privilegia el contenido disciplinar para que este guíe a los profesores en la elección de la capacidad y el contexto. En el cuadro de la figura 3 incluimos algunos ejemplos de competencias globales tomadas de UD's diseñadas por profesores en formación de la Universitat Autònoma de Barcelona.

CAPACIDAD (PUESTA EN MARCHA EN LA ACTUACIÓN)	CONTEXTO	CONTENIDO (CONOCIMIENTO CONCEPTUAL EN EL QUE SE CENTRA LA UD)	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 modelo 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 de la materia).	“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 aprendidos a lo largo de la unidad.”
Argumentar (posicionarse) Proponer (medidas de seguridad)	La polémica asociada a los vertederos nucleares.	Naturaleza de la radiactividad (modelo de partículas: desintegración radiactiva).	“Argumentar a favor o en contra de la construcción de un vertedero nuclear y proponer medidas de control y seguridad para las personas en caso de construirlo, a partir de lo aprendido de radiación nuclear y sus efectos conocidos.”

Figura 3. Ejemplos de sistema capacidad-contexto-contenido, con sus respectivas “competencias científicas globales”, en tres UD's diseñadas por profesores en formación.

Cuando la redacción del objetivo final o competencia global es adecuada, suele llevar implícito el germen de la “actividad final” de la UD, es decir, aquella tarea en la que los estudiantes acaban de adquirir y demuestran el grado de adquisición de las competencias científicas escolares. Esta actividad es, por tanto, una actividad de aplicación y evaluación final. Para los ejemplos de la figura 3, puede ser: una selección razonada de materiales para el aislamiento acústico del local donde ensaya el grupo musical; la presentación oral de las medidas de seguridad eléctrica que los estudiantes creen que deberían enseñar a sus colegas de cursos inferiores; o la redacción de una carta argumentando los motivos por los que ellos no quieren que se instale un vertedero nuclear en un pueblo cercano. Iniciar el diseño de una UD teniendo en cuenta que al final los estudiantes han de ser capaces de hacer estas cosas (¡y no otras!), ayuda en la preparación, selección o adaptación de las actividades de enseñanza intermedias, ya que los diversos momentos de la UD están enfocados a preparar para aquellas cosas. A modo de ejemplo, seguramente no es necesario —para los estudiantes de secundaria básica que han trabajado la radiactividad al nivel adecuado para “argumentar a favor o en contra del vertedero nuclear”— diferenciar entre radiación alfa, beta y gamma. Sin embargo, este contenido puede ser indispensable en una UD de secundaria superior para decidir en qué casos de exposición a la radiación hay mayor riesgo para la salud, casos en los que se requiera conocer no sólo el nivel de exposición sino también el tipo de radiación y sus interacciones biológicas.

## Esbozando una trayectoria: la progresión de aprendizaje

La estrecha relación que existe entre el objetivo final de la UD y la actividad de aplicación o evaluación final asegura a los profesores que allí ponen a sus estudiantes en la situación de acabar de aprender y de demostrar que han aprendido aquello que explícitamente se quiere que aprendan. Esta simbiosis entre objetivo y actividad, sin embargo, no suele darse en el diseño convencional de UD. Los problemas más importantes que se encuentran respecto de los objetivos de aprendizaje son: 1. que son demasiados y no permiten un aprendizaje significativo de aquello importante (se plantea una lista de objetivos sin priorizar); 2.

que no se relacionan con las actividades (no hay ninguna actividad que trabaje explícitamente lo que se quiere conseguir); 3. que son adecuados pero, al estar redactados como una lista de cosas a hacer sin orden establecido, no orientan la secuenciación de actividades (pareciera que da igual qué aprender antes y qué aprender después). Para evitar esto, en nuestra propuesta diseñamos los objetivos de aprendizaje directamente asociados a las actividades de aprendizaje: *proponemos al profesorado presupuestar un objetivo por actividad*. Se integran entonces a la UD sólo actividades que tienen algo que hay que aprender para irnos aproximando al modelo científico objeto de aprendizaje y demostrar al final haber adquirido la competencia global. Nuestra experiencia es que el profesorado novel empieza a pensar en la enseñanza en el aula a nivel de actividad, “enamorándose” de actividades que les parecen especialmente novedosas por su formato (una práctica de laboratorio indagatoria, una búsqueda de información “experta”, una lectura crítica, una coevaluación...) e integrándolas en su UD una detrás de otra sin pensar demasiado en el orden, las conexiones o las sucesivas aproximaciones al modelo que se quiere aprender. Esta visión refleja un modelo de sentido común de UD como suma de actividades, en lugar de concebirla como una progresión de aprendizaje.

Por otra parte, para que el profesorado de ciencias pueda guiar el camino del estudiante hacia la actividad final, debe conocer su punto de partida respecto del modelo en el que se centra la UD. Conocer el punto de partida de los estudiantes sería necesario para: 1. Identificar qué aspectos o ideas de los alumnos podemos aprovechar (para construir a partir de ellos); 2. Hacer pensar en conceptos clave no disponibles hasta el momento; 3. Ayudar a superar obstáculos de aprendizaje. Una forma de hacer esto es explicitar no solo el contenido científico escolar a aprender (por ejemplo, en forma de un mapa conceptual), sino también las *demandas de aprendizaje* que existen al comparar lo que se sabe con lo que se tiene que saber (Couso, 2011). Esto desoculta qué tipo de apoyo necesitan los estudiantes en cada momento de la UD. 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” en el circuito, pero favoreciendo la evolución de esas ideas de forma que no piensen que la carga sale de la pila y se gasta en la bombilla.

Además del punto de partida y de llegada, necesitamos identificar “hitos” en el camino. Estos hitos son estadios o pasos en el aprendizaje del modelo científico escolar objeto de enseñanza, es decir, versiones o aspectos del modelo que se apoyan en lo aprendido y que facilitan avanzar y reestructurar. *Al pedir al profesor que secuencie los objetivos y las actividades como progresión de aprendizaje se lo acompaña para diseñar de acuerdo a un camino concreto que ayuda al estudiantado a hacerse competente.* La trayectoria articulada de objetivos y actividades de la UD lleva al estudiante a construir una versión más sofisticada y cercana a la científica de su modelo o idea inicial (Couso, 2013). La secuenciación de acuerdo a una progresión de aprendizaje tiene en cuenta dos variables: por un lado, el robustecimiento de los modelos en el estudiante; por otro, el hecho de que, al avanzar hacia la competencia, la demanda cognitiva (o aquello que somos capaces de hacer con las ideas) también aumenta. Para la “historia de la ciencia” del estudiante, el profesorado puede basarse en análisis histórico-epistemológicos del contenido, en resultados de investigación didáctica sobre las ideas previas en relación a los diferentes aspectos del modelo, y en progresiones de aprendizaje empíricas que surjan de su actuación profesional como docentes. A la hora de estimar la demanda cognitiva, resultan inspiradoras propuestas como la clásica taxonomía de Bloom (a pesar de su base reduccionista) o jerarquizaciones de las capacidades de pensamiento desde las más simples hasta las de más elevado nivel cognitivo (las llamadas HOTS o *Higher Order Thinking Skills*: habilidades de pensamiento de orden superior). La idea 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, definir, describir, etc.

Entonces, en este capítulo entendemos por progresión de aprendizaje la “soldadura” entre los dos aspectos antes enunciados: progresión en los niveles de profundidad del modelo irreducible y progresión en los niveles de demanda cognitiva de la actuación. Al concretar las actividades de enseñanza, el profesorado va reformulando parcialmente las metas de aprendizaje, introduciendo matices que se vinculan con la actuación concreta que hace hacer a sus estudiantes, y que contiene capacidad y contexto. Estas reformulaciones son las que permiten que, además de los contenidos conceptuales centrales, se desarrollen contenidos de corte más procedimental o actitudinal y se contribuya a las competencias básicas y transversales.

## La construcción de secuencias de actividades

Que el profesorado diseñe, ordene y encadene las actividades de su UD de acuerdo a una progresión doble de conocimiento y demanda cognitiva conduce a hacer emerger en el aula cada aspecto o estadio del modelo objeto de aprendizaje. Pero las nuevas ideas, aun cuando estén convenientemente secuenciadas en un orden lógico o empírico, no serán apropiadas por los estudiantes si el profesorado no motiva en ellos la necesidad de aprender, no explicita de dónde partimos y a dónde queremos ir, no propicia oportunidades para estructurar y abstraer lo ya aprendido, no fomenta la aplicación de lo aprendido en contextos de actuación más complejos, y no *regula* todo el proceso. En este sentido, enseñar al profesorado de ciencias a diseñar UD's competenciales implica que ellos hagan suyas una serie de herramientas profesionales muy potentes: 1. Diseño de momentos específicos de motivación/exploración/apropiación de las ideas; 2. Fomento de la estructuración o síntesis de lo aprendido; 3. Planteamiento de una aplicación final consistente con la competencia global; y 4. Regulación cuidadosa de todo el proceso. Basamos esta propuesta en el ciclo de aprendizaje propuesto por Robert Karplus (Sanmartí, 2002).

El diseño de UD's "en ciclos" requiere que el profesorado complete la secuencia interpolando: 1. Actividades *iniciales* de exploración para que los estudiantes puedan interesarse, apropiarse de los objetivos de la UD, explicitar sus propias ideas y reconocer y ensayar los nuevos modelos; 2. Actividades *intermedias* y *avanzadas* de síntesis de lo aprendido a un nivel de abstracción más alto, que faciliten generalizaciones y transferencias; y 3. Actividades *finales* de aplicación a nuevos contextos más demandantes. Así, el camino global de aprendizaje de un modelo científico en este tipo de UD's se realizaría de acuerdo a lo que sabemos acerca del aprendizaje: se parte de lo que los estudiantes saben (constructivismo), se comparte con ellos lo que se quiere saber (metacognición y autorregulación), se progresa en complejidad pero de forma contextualizada (aprendizaje situado), y se pasa por un cierto nivel de abstracción antes de aplicar (competencia). La figura 4 muestra la estructura "topológica" de la idea de UD que estamos proponiendo, con las actividades que inician, intermedian y finalizan el ciclo de aprendizaje en morado-azul, verde y violeta respectivamente. La figura 4 también recoge la idea de que la "microestructura" de la UD (es

decir, al interior de cada actividad) también tiene momentos dedicados a: 1. La tradicional “introducción” de contenidos a aprender; 2. La consolidación de lo aprendido (que incluiría un “qué hemos aprendido hoy” o “ideas importantes que nos llevamos”); 3. Aplicaciones parciales del contenido que garanticen que lo aprendido en esa actividad queda disponible para hacer cosas más complejas. Aunque no todas las fases del ciclo de aprendizaje pueden o deben darse *en cada actividad*, la idea de “abrir y cerrar” la actividad respecto de un aspecto particular y definido del modelo científico escolar es la que subyace a nuestra propuesta.

## Aprender a regular y evaluar el proceso

El diseño de UD's competenciales no acabaría con el diseño de actividades de enseñanza en progresión de conocimiento y demanda cognitiva, y de acuerdo a una macro y microestructura que favorezca el aprendizaje. Como hemos dicho, además de un punto de llegada, necesitamos que los profesores se aseguren de que saben (junto con los estudiantes) que se está llegando a donde se quiere. La idea es poder evaluar que el estudiante *demuestra un nivel de apropiación adecuada respecto a la competencia científica global que se trabaja en la unidad*. En este sentido, más allá de las necesarias actividades de aplicación y evaluación en la UD, cobran importancia los criterios de valoración que se aplican a esas actividades, y cómo esos criterios se comparten, construyen y usan con los estudiantes. Por restricciones de espacio, no podemos profundizar en este capítulo en la idea de evaluación-regulación que utilizamos en nuestra propuesta teórica; redirigimos al lector a Sanmartí (2007).

## Visión de conjunto

Nuestra propuesta de *profesionalización del profesorado de ciencias* a través del diseño de UD's competenciales se puede recoger en cinco pilares importantes, que hemos ido trabajando a lo largo de este capítulo:

1. La *unidad del desempeño profesional del profesorado* es un conjunto bien articulado y secuenciado de actividades de enseñanza, al que hemos llamado UD. En ese sentido, para enseñar algo que valga la pena incluir en nuestra programación hay que diseñar una secuencia de actuaciones contextualizadas que conforme una unidad de sentido y de aplicación y que estructure el contenido en torno a modelos irreducibles.
2. Las UD's competenciales se diseñan teniendo en cuenta que el objetivo final es que el alumno adquiera genuina "competencia científica"; por tanto, se orientan de principio a fin a la puesta en acción de unas capacidades de actuación, en un contexto de relevancia, y con un conocimiento científico central. Este es el modelo "tripartito" de competencia que llamamos "modelo de las tres ces" (Adúriz-Bravo, 2012).
3. La selección de contenidos es crucial, y debe estar subordinada al fin competencial. Proponemos centrar esa selección en los contenidos conceptuales que son clave desde el punto de vista de la alfabetización científica, organizándolos en modelos irreducibles, seleccionando los aspectos a incluir y profundizar, y sintonizando con ellos el resto de los contenidos a trabajar (metacientíficos, procedimentales, actitudinales).
4. El aprendizaje de un modelo científico escolar puede organizarse paso a paso, con niveles propuestos de acuerdo a 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 incluimos como la demanda cognitiva asociada (lo que somos capaces de hacer con esas ideas).
5. Para construir cada aspecto del modelo podemos ayudarnos con la estructura básica del ciclo de aprendizaje, de forma que empecemos por la exploración de las propias ideas y la apropiación de los objetivos de aprendizaje, y finalicemos por una estructuración y aplicación *competente* de lo aprendido, tanto a nivel de cada actividad como de toda la secuencia de la UD.

En nuestra propuesta de profesionalización enseñamos al profesorado a diseñar un objetivo de aprendizaje competencial por actividad, de forma secuencial y de acuerdo a una progresión de conocimiento y demanda cognitiva. Se sigue entonces que los objetivos o metas de aprendizaje no son un listado de *todo* lo que el estudiante debe saber al final de la UD (y que por tanto debemos

evaluar en el examen), sino una guía del camino que ideamos para que él llegue a saber lo que queremos que aprenda. Así, entendemos que los objetivos o metas se diseñan de forma articulada y espiralada, y pueden hacer referencia a estadios intermedios del modelo que luego se superen a lo largo de la UD.

En la propuesta, con el objetivo de enfatizar el lugar de privilegio de los saberes científicos en el marco competencial (es decir, de *saber ciencia para tener competencia científica*), hemos hecho mucho énfasis en los contenidos de tipo conceptual, centrándonos en la idea de modelos científicos escolares y mencionando cómo una visión competencial del contenido incorpora otros aspectos. Sin embargo, la selección del contenido a enseñar es algo mucho más complejo, que no queda resuelto aquí. Por ejemplo, sería importante, en el marco de la alfabetización científica, incluir de algún modo la enseñanza de “hábitos de la mente” asociados al pensamiento científico, como la curiosidad, la apertura a nuevas ideas, el escepticismo o la revisión crítica (AAAS, 1993). De igual modo nos resulta sugerente la idea de tener en cuenta en la enseñanza de las ciencias las nociones *trans-* o *metadisciplinarias* que incorporan los supuestos epistemológicos y los patrones de razonamiento comunes a las disciplinas científicas, y que constituyen las “reglas del juego” o las “maneras de mirar” de la ciencia.

A pesar de la importancia que hemos otorgado en este capítulo al diseño de UD's competenciales para la profesionalización del profesorado de ciencias de los distintos niveles educativos, no querríamos comunicar la idea de que el proceso que aquí describimos deba ser el seguido por todos los profesores, para todas sus clases, y para todos los materiales que usan. Así, existen en la literatura otras propuestas para el diseño de UD's fundamentadas en la investigación en didáctica de las ciencias (para una revisión de las más importantes en castellano, ver Couso, 2011). Al compartir las ideas de este capítulo nos propusimos enunciar algunas herramientas de profesionalización del profesorado que a nosotros nos han resultado sugerentes y útiles en nuestra práctica. El *profesor como profesional de la enseñanza de las ciencias* que estamos imaginando aquí dispone de criterios para decidir qué tan adecuado es un material didáctico, cómo insertarlo en una secuencia de enseñanza concreta, o cómo adaptarlo para que tenga el máximo sentido y potencial de aprendizaje para sus alumnos en su contexto de aula.

## Referencias

- AAAS. (1993). *Project 2061: Benchmarks for science literacy*. Nueva York: Oxford University Press.
- AAAS. (2001). *Project 2061: Atlas of science literacy* (vol. 1). Nueva York: Oxford University Press.
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Competencias metacientíficas escolares dentro de la formación del profesorado de ciencias. En E. Badillo, L. García, A. Marbà y M. Briceño (coords.). *El desarrollo de competencias en la clase de ciencias y matemáticas* (pp. 43-67). Mérida: Universidad de los Andes.
- Adúriz-Bravo, A. y Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(1), 40-49.
- Caamaño, A. (2013). Hacer unidades didácticas: Una tarea fundamental en la planificación de las clases de ciencias. *Alambique*, 74, 5-11.
- Couso, D. (2011). Las secuencias didácticas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: Modelos para su diseño y validación. En A. Caamaño (coord.). *Didáctica de la física y química* (pp. 57-84). Barcelona: Graó.
- Couso, D. (2013). La elaboración de unidades didácticas competenciales. *Alambique*, 74, 12-24.
- Harlen, W. (ed). (2012). *Principios y grandes ideas para la educación en ciencias: Competencias de ciencias en la escuela*. Madrid: Editorial Popular.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2006). Por una enseñanza de las ciencias fundamentada en valores humanos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(30), 867-882.
- Pedrinaci, E. (coord.). (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.
- Sanmartí, N. (2007). *10 ideas claves: Evaluar para aprender*. Barcelona: Graó.
- Schwarz, C.V., Reiser, B.J., Davis, E.A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Schwartz, Y., Hug, B. y Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 632-654.