

Secuencias de enseñanza-aprendizaje CTS contextualizadas en química del proyecto EANCYT¹

Seqüències d'ensenyament-aprenentatge CTS contextualitzades en química del projecte EANCYT

Context-based chemistry teaching-learning sequences of the EANCYT project

Ángel Vázquez Alonso y María Antonia Manassero Mas / Universitat de les Illes Balears



resumen

El proyecto de investigación «Enseñanza y aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología» (EANCYT) afronta el problema educativo de enseñar con calidad y eficacia temas de ciencia, tecnología y sociedad, o naturaleza de la ciencia, que forman parte de la alfabetización científica y versan acerca de cómo la ciencia y la tecnología validan su conocimiento e interaccionan entre sí y con la sociedad actual. La investigación didáctica sugiere que la enseñanza de estos contenidos científicos en contexto debe ser explícita y reflexiva para ser efectiva. Este trabajo describe las secuencias de enseñanza-aprendizaje del proyecto EANCYT que están diseñadas en el marco de un contexto de química.

palabras clave

Secuencias de enseñanza-aprendizaje, ciencia, tecnología, sociedad, naturaleza de la ciencia, estructuras didácticas, química en contexto.

resum

El projecte de recerca «Enseñanza y aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología» (EANCYT) afronta el problema educatiu d'ensenyar amb qualitat i eficàcia temes de ciència, tecnologia i societat, o naturalesa de la ciència, que formen part de l'alfabetització científica i versen sobre com la ciència i la tecnologia validen el seu coneixement i interaccionen entre si i amb la societat actual. La investigació didàctica suggereix que l'ensenyament d'aquests continguts científics en context ha de ser explícit i reflexiu per ser efectiu. Aquest treball descriu les seqüències d'ensenyament-aprenentatge del projecte EANCYT que estan dissenyades en el marc d'un context de química.

paraules clau

Seqüències d'ensenyament-aprenentatge, ciència, tecnologia, societat, naturalesa de la ciència, estructures didàctiques, química en context.

abstract

The research project «Enseñanza y aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología» (EANCYT) addresses the educational problem of quality and effective teaching of issues in science, technology and in everyday society or the nature of science, which is a component of scientific literacy, and also how to deal with science and technology by validating their knowledge and interacting with each other as well as with society. Research on science education suggests that these context-based science contents should be explicitly and reflectively taught to attain effectiveness. This paper describes some teaching-learning sequences of the EANCYT project that are designed within the context of chemistry.

keywords

Teaching-learning sequences, science, technology, society, nature of science, teaching structures, context-based chemistry.

1. Proyecto de Investigación EDU2010-16553, financiado por una ayuda del Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Ciencia e Innovación (España).



Figura 1. Estudiantes de Panamá durante el desarrollo de una unidad didáctica CTS de minería.

Introducción

La denominada *naturaleza de la ciencia y la tecnología* (NdCyT) engloba aspectos de epistemología y sociología de ciencia y tecnología (CyT) y las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS), unos contenidos complejos, innovadores y, por ello, poco populares en la educación científica (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007). La importancia de la comprensión de NdCyT en la educación científica es consecuencia de ser considerada por los especialistas un componente central de la alfabetización científica para todos, y como tal se incorpora en los contenidos de los currículos escolares. El proyecto «Enseñanza y aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología» (EANCYT) investiga la eficacia de la enseñanza de NdCyT como una línea innovadora en la investigación didáctica de CyT (Millar, 2006; Rudolph, 2000).

En los últimos años, la investigación sobre NdCyT se ha centrado en el desarrollo curricular y la clarificación de la eficacia de los

diferentes métodos de enseñanza, asuntos ambos muy complejos por la cantidad de factores que intervienen, impiden, limitan o facilitan su enseñanza en el aula (Acevedo, 2009). La literatura informa que estudiantes y profesores no comprenden bien la NdCyT (Bennassar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2011; Lederman, 2007). Por ello, las investigaciones recientes se han dirigido a aclarar la efectividad de diversas metodologías para mejorar el aprendizaje de NdCyT. Sus resultados revelan que la eficacia educativa de esta enseñanza tiene dos condiciones clave: el carácter explícito de la enseñanza (es decir, el tratamiento intencional y explícito de contenidos de NdCyT) y la realización por parte de los estudiantes de actividades reflexivas (Abd-el-Khalick y Akerson, 2009; Acevedo, 2009; Lederman, 2007). La enseñanza de NdCyT es una enseñanza que admite diferentes contextos, y algunos de los más empleados son actividades prácticas de investigación, cursos específicos sobre métodos o filo-

sofía de CyT, historia de la CyT, cuestiones tecnocientíficas de interés social o impregnación de contenidos tradicionales de CyT con contenidos de NdCyT.

El marco didáctico

El elemento clave de la enseñanza en el aula es la planificación específica de la intervención del profesor a corto plazo y sobre un tópico específico. Este elemento ha recibido diversos nombres (unidad didáctica, programación de aula, secuencia de enseñanza, etc.), aunque la denominación *secuencia de enseñanza y aprendizaje* (SEA) se impone hoy en la literatura (Buty, Tiberghien y Le Maréchal, 2004). La SEA incluye unas actividades de enseñanza-aprendizaje bien fundamentadas en la investigación y adaptadas al nivel evolutivo de los estudiantes y a las pautas de las reacciones esperadas de los estudiantes, que la convierten, a la vez, en un conjunto de prescripciones curriculares, en una actividad de investigación (pone a prueba actividades y diseño) y en un producto (resultados esperados de aprendizaje) (fig. 1).

Los elementos habituales de una SEA, además de la atención a las concepciones de los alumnos, son los siguientes: las características y conocimientos del dominio científico específico, los supuestos epistemológicos, las perspectivas de aprendizaje, los enfoques pedagógicos actuales y las características del contexto educativo. También se incluyen orientaciones para el profesor, materiales de enseñanza, análisis de contenidos, motivaciones y limitaciones. El diseño de SEA de calidad consiste en articular y dar coherencia a este complejo conjunto de elementos (Buty, Tiberghien y Le Maréchal, 2004).

Las teorías del aprendizaje constructivistas, caracterizadas por reconocer el papel central

que juegan los conocimientos previos de los alumnos, son importantes en el aprendizaje significativo de la ciencia, que también suele ligarse al cambio conceptual (Driver, Leach, Millar y Scott, 1996). De acuerdo con Duschl, Maeng y Sezen (2011), el diseño de SEA está relacionado con los aprendizajes activos y constructivistas.

Un concepto clave para que los alumnos tengan oportunidad de construir aprendizaje significativo es el nivel de exigencia de los contenidos y las tareas de aprendizaje. En esta línea, Leach y Scott (2002) sugieren el concepto *demanda de aprendizaje* para representar la exigencia cognitiva del nuevo aprendizaje. Desde la perspectiva sociocultural, el pro-

fesor debe ayudar a la interiorización del aprendizaje (apropiación y utilización individual) de conceptos que se presentan en el plano social del aula (Millar, Leach, Osborne y Ratcliffe, 2006). La discusión y la argumentación juegan un papel esencial en el desarrollo de las interacciones sociales (Leach y Scott, 2002) entre estudiantes y profesor y entre los propios alumnos (aprendizaje reflexivo).

Lijnse (1995) propuso el concepto *estructuras didácticas* como esquema general que permite a los estudiantes construir sus propias elaboraciones de aprendizajes. Las estructuras didácticas prestan gran atención a las dimensiones de motivación, metacognitivas y el desarrollo

conceptual. Las SEA del proyecto EANCYT aplican y desarrollan una estructura didáctica de siete fases (ciclo de aprendizaje 7E): «elicitación», envolver (motivar), explorar, explicar, elaborar, extender y evaluar (Kortland, 2001; Eisenkraft, 2003).

Método y estructura

El proyecto EANCYT utiliza una estructura general para clasificar los contenidos de enseñanza CTS-NdCyT que es una adaptación de la taxonomía propuesta por Aikenhead y Ryan (1992) para el VOSTS. La estructura está formada por un conjunto de nueve dimensiones epistemológicas y sociológicas.

La tabla 1 muestra la estructura de dimensiones junto con

Tabla 1. Estructura taxonómica de las dimensiones que se desarrollan en temas más específicos para clasificar las secuencias de enseñanza del proyecto EANCYT basadas en un contexto de química

Estructura de dimensiones	Temas	Título de SEA
1. Ciencia y tecnología	104. Interdependencia entre CyT	¿Existe dependéncia entre a ciência e a tecnologia? E feze-se água!
2. Influencia de la sociedad sobre la ciencia/tecnología	205. Instituciones educativas	La ciencia en la vida cotidiana
3. Influencia triádica	301. Interacción CTS	Ciência, tecnologia e sociedade: ¿que interação? As minas de São Domingos
4. Influencia de la ciencia/tecnología sobre la sociedad	04. Resolución de problemas	Indagación: el caso del enlace químico
	405. Bienestar económico	La extracción de metales: ¿una necesidad o una necesidad?
6. Características de los científicos	606. Infrarrepresentación de las mujeres	Parejas científicas
7. Construcción social del conocimiento científico	701. Colectivización	¿Cómo trabajan los científicos?
	702. Decisiones científicas	Los científicos construyen explicaciones. Oxígeno o flogisto
		¿Qué es el agua? (o cuando lo mismo no siempre es lo mismo)
	703. Comunicación profesional	¿El Premio Nobel para...! La interesante teoría del oxígeno
9. Naturaleza del conocimiento científico	902. Modelos científicos	Definir, una forma de modelar. El caso de <i>sustancia</i>
		Definir, una forma de modelar. El caso de <i>reacción química</i>
		Disputas de farmacéuticos
	06. Aproximación a las investigaciones	¿Cómo se validan las explicaciones científicas? Oxígeno o flogisto

los títulos de las SEA ejemplares diseñadas en un contexto de química, cuya presentación es el objetivo del presente trabajo y que se describen brevemente a continuación. Las catorce SEA abordan todas las dimensiones, a excepción de dos (influencia de la ciencia escolar sobre la sociedad y construcción social de la tecnología).

Descripciones de las secuencias de enseñanza

Las descripciones de las SEA comprenden algunos elementos básicos comunes para todas ellas y sistematizados en la tabla 2 (título, tiempo, nivel/edad de los alumnos a quienes van dirigidas y objetivos). Los párrafos siguientes ofrecen una pequeña aproximación a su contenido aunque no permiten abordar el detalle de las actividades y materiales. Tampoco se incluye la evaluación, que se realiza en todas con un diseño común de test-retest mediante instrumentos estandarizados, contruidos a partir del banco de ítems «Cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnología y sociedad» (COCTS) (Bennássar, Vázquez, Manassero y García-Carmona, 2010) y personalizados para cada SEA, según el tema.

La historia de la ciencia refleja muchas situaciones reales de interdependencia entre la ciencia y la tecnología, presentes en los avances de ambas a lo largo de los siglos y que son un recurso rico y apropiado para su enseñanza y comprensión. Esta interdependencia se afronta a través de la SEA titulada «¿Existe dependència entre a ciència e a tecnologia? E fez-se água!», a través de los estudios acerca de la síntesis del agua de Lavoisier en colaboración con Meusnier, que se hicieron famosos no solo por los concluyentes avances científicos que permitieron, sino tam-

bién por la creación de una sofisticada tecnología química. La SEA persigue ejemplarizar la dependencia mutua entre ciencia y tecnología, de modo que los avances de la investigación científica producen nuevas tecnologías, las cuales, a su vez, permiten mejorar la capacidad de investigación científica.

El agua también es central en otra SEA donde se usa como instrumento para ejemplificar el trabajo de los científicos en la toma de decisiones o propuesta de explicaciones, a través de actividades de separación de mezclas y compuestos, disolución de sustancias, evaporación, fusión, electrolisis del agua y su explicación mediante leyes, teorías y modelos.

La SEA sobre la ciencia en la vida cotidiana tiene como objetivo la capacitación de docentes de nivel primario con actividades que buscan poner de manifiesto las concepciones que los alumnos poseen, muchas de las cuales son verdaderos obstáculos en el momento de aproximarse a los modelos científicos. Se plantean actividades de la vida ordinaria sobre adherencia (se verifica esta propiedad en situaciones de la vida cotidiana), espacios vacíos en la materia (se identifican en diferentes situaciones de la vida cotidiana) y las diferencias entre cambios químicos y físicos, para favorecer la utilización en la escuela primaria de modelos científicos apropiados y la detección de modelos erróneos.

Las actividades mineras (fig. 2) constituyen un genuino ejemplo histórico de los inicios de la química como una práctica tecnológica sin cuerpo científico que la respaldase, y cuyo impacto social y económico es también muy importante. Dos SEA abordan la minería desde perspectivas distintas: 301 y 405.

La interacción entre ciencia, tecnología y sociedad (301) es cada

vez más vigente en la vida diaria. En este sentido, la exploración de situaciones reales en las que se puede identificar la interacción de los avances en ciencia, tecnología y sociedad son recursos apropiados y ricos desde el punto de vista educativo para la comprensión de esta interdependencia. La interacción múltiple entre ciencia, tecnología y sociedad es ilustrada a través de lecturas de historia de las minas de São Domingos (Portugal) y su impacto sobre la sociedad local, con el objetivo de reflexionar sobre situaciones reales de esta interacción y comprender la influencia sobre la vida diaria de la población.

El planteamiento de la segunda SEA sobre minería, planteada como necesidad o necesidad, responde a la inquietud docente de que el estudiante conozca las características de la actividad minera desde todas las perspectivas posibles (científica, tecnológica, económica, social, ambiental), de manera que alcance una visión holística de la cuestión. Se precisa que el estudiante comprenda la relación que existe entre los contenidos científicos del currículo, sus aplicaciones tecnológicas y los impactos que este conjunto tiene en la sociedad, para que pueda concebir que la ciencia no es algo aislado e independiente del avance de la sociedad, sino todo lo contrario. Se hace especial incidencia en el bienestar económico y el carácter ambivalente (¿necesidad o necesidad?) de todas las aplicaciones



Figura 2. Muelle de la central eléctrica y la mina de São Domingos (Alves, sin fecha).

tecnocientíficas, que pueden causar beneficios (bienestar económico de la sociedad) y perjuicios (enfermedades, accidentes, impactos ambientales).

El enlace químico es un tema difícil en los cursos de química general; se pretende que los alumnos comprendan la idea de *enlace* como modelo de explicación construido a partir de las propiedades de las sustancias observadas en el laboratorio. Sin embargo, en las prácticas del laboratorio solo se busca que reconozcan algunas propiedades

generales que caracterizan a cada modelo. La SEA busca concienciar a los estudiantes sobre la utilidad e importancia de la química en la vida diaria para resolver problemas ambientales, alimentarios, médicos, económicos, legales, industriales, etc., y relacionarlas con la tecnología y su impacto en la sociedad.

Otra SEA plantea la infrarrepresentación de las mujeres en el ámbito científico, a pesar de su conquista, a lo largo de la historia, del acceso a diversos ámbitos que la sociedad les había vedado. En la

modernidad, la situación de las mujeres aún permanece expuesta a las viejas resistencias a su inclusión que, en el caso de la ciencia, provocan una percepción de la ciencia y la tecnología estereotipada como disciplinas y prácticas neutrales, inapropiadas para las mujeres. Estas resistencias se traducen en un conjunto de sesgos de género que discriminan a las mujeres en el mundo tecnocientífico que se agudizan a lo largo de su carrera profesional. Una primera actividad consiste en que los alumnos dibujan un científico en

Tabla 2. Descripción de algunos elementos básicos de las secuencias de enseñanza-aprendizaje

Título	Nº de horas	Edad	Objetivos
¿Existe dependencia entre la ciencia y la tecnología? ¿Y se hizo el agua!	3-4	14-18	<ul style="list-style-type: none"> – Comprender la interdependencia entre la ciencia y la tecnología. – Fortalecimiento del papel de la historia de la ciencia en la comprensión de la interdependencia entre la ciencia y la tecnología. – La comprensión del papel de la ciencia y la tecnología en el proceso de construcción del conocimiento.
¿Qué es el agua? (o cuando lo mismo no siempre es lo mismo)	5	16	<ul style="list-style-type: none"> – Planear un experimento, interpretar sus resultados, identificar las características de los hechos y su relación con las leyes, identificar las características de un modelo y su relación con una teoría para explicar los hechos.
La ciencia en la vida cotidiana	7	12-22	<ul style="list-style-type: none"> – Favorecer la utilización de modelos científicos en la escuela primaria y detección de modelos erróneos subyacentes. – Incorporar y reconocer la idea de <i>espacio libre</i> entre las moléculas existentes en toda la materia e identificarlo en diferentes situaciones de la vida cotidiana. – Comprender la adherencia como la fuerza de atracción entre dos sustancias y verificar esta propiedad en situaciones de la vida cotidiana. – Reconocer cambios físicos y químicos en la materia y demostrar la diferencia entre dichos cambios.
Ciencia, tecnología y sociedad: ¿cómo interactúan? Las minas de São Domingos	3-4	14-18	<ul style="list-style-type: none"> – Reconocer la interdependencia de la ciencia, la tecnología y la sociedad en situaciones concretas. – Comprender la influencia de la ciencia y la tecnología en la vida de las personas.
La extracción de metales: ¿una necesidad o una necesidad?	6	18-20	<ul style="list-style-type: none"> – Reconocer, valorar y comprender las características y repercusiones específicas de la minería a lo largo de la historia y en la actualidad en nuestro país. – Desarrollar una actitud analítica y crítica sobre las repercusiones que tiene la explotación minera. – Reflexionar sobre las relaciones de las ciencias naturales con la tecnología y la sociedad. – Conocer y valorar las implicaciones sociales y culturales que el desarrollo de la minería pueden tener.
Indagación: el caso del enlace químico	4	18-19	<ul style="list-style-type: none"> – Construir modelos que expliquen algunas propiedades de las sustancias. – Reconocer la necesidad de indagar para construir explicaciones. – Hacer uso de modelos materiales que sirvan como analogías para explicar las interacciones de las sustancias.
Parejas científicas	5	18	<ul style="list-style-type: none"> – Indagar respecto de las concepciones de las y los jóvenes con respecto al género y la ciencia. – Acercar a los alumnos a las iconografías dominantes de masculinidad y feminidad. – Dar cuenta del género como construcción histórica. – Mostrar cómo los valores de lo femenino y lo masculino cambian o se mantienen a lo largo del tiempo. – Deconstruir ciertos prejuicios y estereotipos de género que producen desigualdades sociales y en el acceso a los derechos.

Tabla 2. Descripción de algunos elementos básicos de las secuencias de enseñanza-aprendizaje (cont.)

Título	Nº de horas	Edad	Objetivos
¿Cómo trabajan los científicos?	10	12/ 15/ 18/ 22	<ul style="list-style-type: none"> – Comprender la naturaleza del trabajo científico y el específico de los científicos. – Identificar las características del trabajo colectivo de los científicos y su importancia en el desarrollo de la sociedad. – Comprender cómo las creencias, intereses y supuestos que tienen los científicos afectan a su trabajo colectivo y procesos de investigación.
Los científicos construyen explicaciones. Oxígeno o flogisto	5	12/ 15	<ul style="list-style-type: none"> – Considerar la influencia de los factores personales de los científicos (competencia, razonamientos, creatividad, etc.) en el conocimiento que producen. – Valorar la forma como se genera el conocimiento científico a partir del trabajo de los científicos. – Evaluar la importancia de los desacuerdos entre los científicos (controversias) como fuente de mejora del conocimiento científico.
¿Cómo se validan las explicaciones científicas? Oxígeno o flogisto	6	12/ 15	<ul style="list-style-type: none"> – Considerar la influencia de los factores personales de los científicos (competencia, razonamientos, creatividad, etc.) en el conocimiento que producen. – Valorar la forma como se valida el conocimiento científico a partir del trabajo de los científicos. – Evaluar la importancia de los desacuerdos entre los científicos (controversias) como fuente de validez del conocimiento científico.
¡El Premio Nobel para...! La interesante historia del oxígeno	5	15	<ul style="list-style-type: none"> – Identificar el papel de la comunicación en la construcción de conocimientos científicos. – Reconocer a los científicos como seres humanos «normales». – Reconocer la ciencia como una empresa humana. – Identificar algunas características del oxígeno, como su reactividad.
Definir, una forma de modelar. El caso de <i>reacción química</i>	6	18- 20	<ul style="list-style-type: none"> – Ejercitar lo que significa <i>definir</i> a través de un concepto clave de la disciplina: <i>reacción química</i>. – Darse cuenta de la relación íntima entre <i>definir</i> y <i>modelar</i>. – Estudiar ejemplos históricos específicos sobre la construcción de este concepto clave.
Definir, una forma de modelar. El caso de <i>sustancia</i>	6	18- 20	<ul style="list-style-type: none"> – Ejercitar lo que significa <i>definir</i> a través de un concepto clave de la disciplina: <i>reacción química</i>. – Darse cuenta de la relación íntima entre <i>definir</i> y <i>modelar</i>. – Estudiar ejemplos históricos específicos sobre la construcción de este concepto clave.
Disputas de farmacéuticos	6	18- 22	<ul style="list-style-type: none"> – Promover en los futuros profesores la idea de la provisionalidad del conocimiento científico; esta idea se explora al evaluar las mejoras que un paradigma supone frente al otro y la nueva visión de ciencia que se propugna. – Identificar los elementos que coadyuvan al juicio científico, que aparecen sugeridos con detalle a lo largo del diálogo. – Poner a consideración de los futuros profesores dos visiones de la farmacia, descalificadas una u otra por los interlocutores, por factores de contexto que no forman parte de la lógica interna del modelo (por ejemplo, la concepción de la relación entre el hombre y la naturaleza, las conexiones con la alquimia o incluso el sabor de los medicamentos).

su lugar de trabajo, que analizan posteriormente, y una segunda actividad es la proyección y visionado de la película *Los méritos de Madame Curie*. La indagación de las concepciones de los jóvenes respecto al género y la ciencia, mostrar cómo los valores de lo femenino y lo masculino cambian o se mantienen a lo largo del tiempo y deconstruir los prejuicios y estereotipos de género que producen desigualdades sociales y en el acceso a los derechos son algunos objetivos educativos de la SEA «Parejas científicas» (fig. 3).

Las características generales de los científicos en su trabajo se aborda en una SEA que propone a los estudiantes diversas actividades para conocer ese mundo. La primera actividad es crear una historia de ficción sobre el trabajo de un grupo de científicos en un tema polémico (por ejemplo, las aplicaciones de la genética). Otra propone descubrir los posibles conflictos de intereses de los científicos con su trabajo con el visionado de la película *Los niños del Brasil* y su análisis y discusión. La tercera investiga un poco la



Figura 3. Antoine Laurent Lavoisier y su esposa, Marie-Anne Pierrette Paulze (Jacques-Louis David, 1788).

historia de la ciencia para intentar responder a la pregunta «¿cómo trabajaban los científicos en el siglo XIX?» a través de la lectura del libro *La mirada del lince*, con el objetivo que los estudiantes caractericen la forma en que trabajaban los científicos de este grupo. Como continuación, para destacar el carácter colectivo del trabajo que desarrollan los científicos, se propone investigar acerca de algunas asociaciones científicas sobresalientes en la historia (la Academia Mersenne, la Royal Society de Londres, la Académie Royale des Sciences de París).

Otras dos SEA están diseñadas sobre el caso histórico de la falsación de la teoría del flogisto y el descubrimiento del oxígeno por Lavoisier. Ambas usan un texto histórico que describe este episodio histórico de una manera sencilla y directa para provocar en los estudiantes diversas actividades de reflexión guiada. Ambas proponen también a los estudiantes reflexiones sobre la distinción entre *observaciones* e *inferencias* (explicaciones), una pieza básica para comprender el trabajo de los científicos. Una de las dos SEA está enfocada a resaltar cómo los científicos toman sus decisiones sobre el conocimiento que descubren y cómo construyen sus explicaciones. La segunda va más dirigida a resaltar aquellos aspectos que los científicos tienen en cuenta a la hora de aceptar o no una pieza de conocimiento, bien como válido o bien como erróneo.

Otra SEA adicional, «¡El Premio Nobel para...! La interesante historia del oxígeno», aborda el mismo episodio acerca de la conceptualización del oxígeno como un elemento simple para enfatizar la comunicación en la ciencia. La base de la actividad es la lectura del primer capítulo del libro *La búsqueda de los elementos*, y se implica a los estudiantes en

la discusión histórica sobre si el aire es un elemento o un compuesto y sobre las evidencias que apoyan ambas posiciones.

Dos SEA abordan el concepto *modelo* y la actividad de modelar en ciencia, sobre la base de la actual controversia sobre si el concepto más central de la química es el concepto *sustancia* o bien *reacción química*. Una de ellas pretende acercar a los estudiantes a uno de los conceptos (*sustancia*), mientras que la otra afronta el otro (*reacción química*). A través de las actividades, los estudiantes deben proponer definiciones de estos conceptos, de modo que se les conduce hacia lo que significa hacer una definición y, con ello, modelar los conceptos.

Se pone énfasis en ejemplos históricos específicos sobre la construcción de estos conceptos para que los estudiantes capten la naturaleza histórica de la ciencia, es decir, cómo fueron contruidos estos conceptos a lo largo del tiempo. Se cierra la unidad con una discusión acerca la definición global de *química*, buscando diversas definiciones hasta llegar a la conclusión esperada de que la mejor definición es aquella que maneje ambos conceptos.

Bajo el título «Disputas de farmacéuticos» se trabaja la histórica confrontación entre los dos paradigmas de la farmacia en los inicios de la química científica: iatroquímica y herboristería. La SEA presenta un diálogo socrático entre dos científicos imaginarios en el contexto sociocultural de la ciudad de París en el siglo XVII. El objetivo es aprender sobre la provisionalidad del conocimiento científico: el conocimiento científico está sujeto a cambios, debido a múltiples y diversos factores, algunos de los cuales son nuevas observaciones o reinterpretaciones de las observaciones existentes. También los estudiantes toman contacto con otros espec-

tos de NdCyT que apoyan la provisionalidad del conocimiento científico (empirismo, experimentación, controversias). La controversia permite a los estudiantes participar y confrontar dos visiones radicalmente diferentes del mundo y de la ciencia.

Las descripciones anteriores de las SEA son breves, pero se espera que cumplan el objetivo de ofrecer una visión completa y una justificación adecuada acerca de los propósitos y fundamentos del proyecto EANCYT. En la tabla 2 se incluye, de manera muy resumida, la descripción de algunos elementos básicos de las secuencias de enseñanza-aprendizaje.

Para concluir esta exposición, quizá sería interesante subrayar la idea básica que la enseñanza de contenidos de NdCyT, aunque innovadora, está muy relacionada con la enseñanza de procesos, hechos y conceptos habituales de los currículos de química. Sin embargo, para que sea efectiva, se requiere añadir algo más: planificar explícitamente su enseñanza (que puede estar integrada en, pero no confundida con, los contenidos del currículo) y hacer que los estudiantes realicen actividades apropiadas y específicas de reflexión sobre cada rasgo de NdCyT enseñado.

Obviamente, los profesores deben tener formación sobre NdCyT para enseñar, porque a estas alturas ya se ha comprendido que no se trata de hacer lo mismo de siempre, sino algo diferente e innovador (lo importante) con algunos elementos de siempre. Una síntesis informativa y formativa de los principales consensos y los contenidos curriculares prescritos sobre NdCyT que puede ayudar al profesorado a una autoexploración formativa reflexiva sobre estas ideas puede consultarse en otro lugar (Vázquez y Manassero, 2012a, 2012b).

Referencias

- ABD-EL-KHALICK, F.; AKERSON, V. (2009). «The influence of metacognitive training on pre-service elementary teachers' conceptions of nature of science». *International Journal of Science Education*, 31: 2161-2184.
- ACEVEDO, J. A. (2009). «Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3): 355-386.
- ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M. A.; ACEVEDO, P. (2007). «Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: Fundamentos de una investigación empírica». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1): 42-66.
- AIKENHEAD, G. S.; RYAN, A. G. (1992). «The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS)». *Science Education*, 76(5): 477-491.
- BENNÁSSAR, A.; VÁZQUEZ, A.; MANASSERO M. A.; GARCÍA-CARMONA, A. [COORD.] (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid: Centro de Altos Estudios Universitarios de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. [Consultado en <http://www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf>]
- BUTY, C.; TIBERGHEN, A.; LE MARÉCHAL, J. F. (2004). «Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences». *International Journal of Science Education*, 26(5): 579-604.
- DRIVER, R.; LEACH, J.; MILLAR, R.; SCOTT, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- DUSCHL, R.; MAENG, S.; SEZEN A. (2011). «Learning progressions and teaching sequences: A review and analysis». *Studies in Science Education*, 47(2): 123-182.
- EISENKRAFT, A. (2003). «Expanding the 5E Model». *The Science Teacher*, 70(6): 56-59.
- GARCÍA-CARMONA, A.; VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M. A. (2011). «Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: Una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado». *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3): 403-412.
- KORTLAND, J. (2001). *A problem posing approach to teaching decision making about the waste issue*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- LEACH, J.; SCOTT, P. (2002). «Individual and sociocultural views of learning in science education». *Science & Education*, 12: 91-113.
- LEDERMAN, N. G. (2007). «Nature of science: Past, present, and future». En: *Handbook of Research in Science Education*. 2ª ed. Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- LIJNSE, P. (1995). «Developmental research' as a way to an empirically based didactical structure of science». *Science Education*, 79: 189-199.
- MILLAR, R. (2006). «Twenty-first century science: Insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science». *International Journal of Science Education*, 28(13): 1499-1521.
- MILLAR, R.; LEACH, J.; OSBORNE, J.; RATCLIFFE, M. (2006). *Improving subject teaching: Lessons from research in science education*. Londres: Routledge.
- RUDOLPH, J. L. (2000). «Reconsidering the "nature of science" as a curriculum component». *Journal of Curriculum Studies*, 32(3): 403-419.
- VÁZQUEZ, Á.; M. A. MANASSERO (2012a). «La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1): 2-31.
- (2012b). «La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 2): Una revisión desde los currículos de ciencias y la competencia PISA». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1): 32-53.

Nota: La autoría original de las secuencias presentadas en este estudio corresponde a: A. Aponte, A. Garritz, C. Arango, C. Robles, C. Rueda, E. E. Morales, E. Nieto-Callejas, F. Paixão, F. Reyes-Cárdenas, G. Hernández-Millán, K. Padilla, M. Figueiredo, N. Cardoso, N.M. López-Villa, P. Sosa y S. Porro.



Ángel Vázquez Alonso

Es doctor en Filosofía y Ciencias de la Educación, licenciado en Físicas y en Químicas. Ha sido catedrático de bachillerato y director del Instituto de Evaluación de Baleares. Ejerce como inspector de educación y profesor asociado de la Universitat de les Illes Balears. Investiga sobre diversas líneas en didáctica de la ciencia.
C. e.: angel.vazquez@uib.es.



María Antonia Manassero Mas

Es doctora en Psicología y catedrática de Psicología Social. Ha sido directora de la universidad abierta para mayores. Sus investigaciones se centran en procesos psicosociales, rendimiento académico, y en actitudes hacia la ciencia y la tecnología y su relación con la sociedad.
C. e.: ma.manassero@uib.es.