



DIDÁCTICA DE LA QUÍMICA

Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica



Iván Marchán-Carvajal^{a,b,*} y Neus Sanmartí^a

^a *Departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales, Universidad Autónoma de Barcelona, Cerdanyola del Vallès, España*

^b *Instituto Europa, L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona, España*

Recibido el 25 de febrero de 2015; aceptado el 4 de mayo de 2015

Disponible en Internet el 15 de julio de 2015

PALABRAS CLAVE

Educación científica basada en contextos;
Contextos;
Modelos;
Educación secundaria

Resumen En este artículo se reflexiona sobre la noción de contexto y su importancia en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en general, y de la química en particular. Se realiza una breve revisión de las diversas formas de entender una enseñanza de las ciencias en contexto y de los problemas que comporta su aplicación en el aula. A partir de este análisis se plantea una propuesta de criterios para la elaboración de unidades didácticas contextualizadas orientadas a la modelización de ideas clave. Como ejemplo, se presenta el diseño de una Unidad Didáctica para la enseñanza del modelo atómico de la materia teniendo en cuenta una posible hipótesis de progresión en su aprendizaje.

Derechos Reservados © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0.

KEYWORDS

Science education;
Context-based education;
Models and modelling;
Secondary education

Design of contextualized teaching-learning sequences: Application to learning a theoretical model for the atomic structure

Abstract This article reflects on the notion of context and its importance in the teaching and learning of science in general and chemistry in particular. A brief review of the various ways of understanding science education in context and problems associated with its application in the classroom is done. From this analysis a proposal of criteria for the development of

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: imarcha2@xtec.cat (I. Marchán-Carvajal).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

contextualized learning units is presented, and its goal is to construct a model with the key ideas to be applied. As an example of this, the design of a teaching unit is shown for an atomic model that takes into account a possible scenario of progression in their learning
 All Rights Reserved © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química.
 This is an open access item distributed under the Creative Commons CC License BY-NC-ND 4.0.

Introducción

La visión competencial del aprendizaje de las ciencias implica ser capaz de utilizar el conocimiento científico (de la ciencia y sobre la ciencia) en situaciones de la vida cotidiana, también denominadas contextos, para tomar decisiones responsables (actuar). Desde la década de los 70, cuando apareció el movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad (Solomon y Aikenhead, 1994), se han desarrollado numerosos proyectos y metodologías que utilizan contextos de la vida del alumnado como escenarios a partir de los que aprender ciencias, desde los Ciencia-Tecnología-Sociedad propiamente dichos, hasta los más actuales basados en el trabajo alrededor de «Controversias Sociocientíficas», el Aprendizaje Basado en Problemas o los proyectos de «Ciencias en Contexto», entre otros. Si bien una parte de estos proyectos tienen como finalidad básica promover el incremento de vocaciones de ciencias, nadie discute que este objetivo debiera ser compatible con el aprendizaje de ideas clave de la ciencia.

Es evidente que cualquier modo de trabajar en contexto no necesariamente será provechoso (De Freitas y Alves, 2010) y que cada una de las propuestas didácticas que existen para enseñar ciencias a partir de situaciones contextualizadas, sea en papel o en la red, tiene sus puntos fuertes y débiles. Ante esta situación hemos abordado el problema en base a 2 preguntas:

- 1) ¿Cuáles son los principales fundamentos y problemáticas de los proyectos y metodologías de enseñanza de las ciencias «en contexto»?
- 2) ¿Qué características deberían tener las unidades didácticas contextualizadas para promover un aprendizaje científico significativo y, al mismo tiempo, relevante socialmente?

Potencialidades y problemáticas de los proyectos de ciencias en contexto

Diversos trabajos de investigación (Eubanks, 2008; King, 2012; Últay y Çalık, 2012), realizados especialmente en el campo de la enseñanza de la química, han recogido numerosas evidencias de que el trabajo en contexto es una estrategia didáctica que, además de motivar al alumnado y promover actitudes positivas hacia las ciencias, posibilita que aprenda de forma más significativa las ideas científicas, siendo más competente en su uso. Por este motivo, en muchos países se ha extendido la utilización de materiales «en contexto» como recurso didáctico.

Los diferentes proyectos de la familia Salters (química, biología y física), que surgieron en la década de 1980 en

el marco del movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad, resumián el principio básico para su diseño en la siguiente frase: «Las unidades del curso deben empezar con aspectos de la vida de los estudiantes, que ellos hayan experimentado personalmente o través de los medios, y los conceptos científicos deben irse introduciendo a medida que son necesarios» (Campbell y Lubben, 2000). Y más recientemente, pero en la misma línea, King (2012) propone: «Una metodología basada en contextos consiste en aplicar la ciencia a una situación del mundo real que se usa como estructura central para la enseñanza. Los conceptos científicos se enseñan a medida que son necesarios para entender mejor la situación planteada». Estas definiciones comportan, en buena parte de los proyectos analizados, que los conocimientos científicos que se van introduciendo sean muy diversos, sin una relación explícita entre sí y sin que su aprendizaje requiera de procesos de modelización del conocimiento (Chamizo, 2013). En este sentido, Gilbert (2006) señala que una de las metas que deberían conseguirse a través del uso de los contextos debería ser la de capacitar al alumnado para construir «mapas mentales» coherentes que relacionen las ideas científicas que se van aprendiendo, ya que lo primordial debería ser el aprendizaje de conocimientos que van más allá de los puntuales para responder al problema del contexto seleccionado.

Pero son más los problemas a afrontar al enseñar ciencias en contexto. Por ejemplo, Kortland (2007), analiza el diseño y aplicación de algunas unidades didácticas del proyecto PLON (acrónimo en holandés de Proyecto para el desarrollo del currículo Física), uno de los pioneros, y constata que no acaba de estar bien resuelta la relación entre contexto y aprendizaje de conocimientos científicos, ya que a menudo lo que se aprende no es necesario para la comprensión de la situación contextualizada de partida y, además, estos contenidos se enseñan de una manera similar a un currículo tradicional. Por ello propone que «en lugar de ver el "contexto" como algo de la vida cotidiana a la que el conocimiento científico se puede conectar de un modo u otro, se debería referir a una práctica que tiene como propósito resolver un problema específico relacionado con la ciencia y la tecnología, aplicando un procedimiento para la solución del problema que comporta aprender el conocimiento científico/tecnológico, habilidades y actitudes necesarias para resolverlo». Es lo que se define también como prácticas auténticas. Pero muchos de los ejemplos de propuestas didácticas de prácticas auténticas (Jiménez-Aleixandre y Reigosa, 2006; Prins, Bulte, Van Driel y Pilot, 2008) presuponen que los estudiantes ya tienen un conocimiento inicial de los contenidos científicos a utilizar, por lo que no abordan el problema de su construcción a partir del análisis de situaciones contextualizadas sino que dejan el contexto para la fase final de aplicación de ideas.

Otro de los problemas de la enseñanza de las ciencias en contexto es el de la transferencia (Gilbert, Bulte y Pilot, 2011) o capacidad de utilizar lo aprendido en una situación en otras nuevas. El reto de este tipo de proyectos es la construcción de un conocimiento científico que tiene sentido en un determinado contexto pero que, al mismo tiempo, el aprendiz sea capaz de utilizarlo en la interpretación de otras situaciones o hechos muy diversos. En las clases de ciencias, con un número de horas de clase limitado, el objetivo no es que el alumnado aprenda muchas informaciones e ideas relacionadas con un contexto específico, sino que llegue a construir modelos teóricos que le sean útiles para analizar, explicar, predecir y tomar decisiones en muchas otras situaciones. Así, por ejemplo, con relación al contexto «los plásticos» no tendría mucho sentido dedicar horas a conocer tipos de plásticos, composición, sistemas de fabricación, etc., informaciones que se pueden encontrar en Internet, sino a construir el modelo teórico que posibilita entender la razón de sus propiedades y cambios, que son las que explican, por ejemplo, cómo utilizarlos responsablemente.

Pero generalmente es difícil construir un modelo teórico a partir de un único contexto. Por ejemplo, en química, es difícil abordar el enlace químico en todas sus tipologías desde una misma situación o problema socialmente relevante. Por tanto, al secuenciar el proceso de modelización nos encontramos frente a 2 opciones: que el hilo conductor sea responder al problema derivado del contexto e ir introduciendo solo los conceptos que sean estrictamente necesarios para darle respuesta, o introducir varios contextos, más o menos relacionados, de manera que la prioridad sea la construcción del modelo teórico. Desde este último punto de vista, en el siguiente apartado presentamos una propuesta de secuenciación de contextos y conceptos para el diseño de unidades didácticas, propuesta de la cual hemos investigado su validez (Marchán y Sanmartí, 2013). Ello sin prejuzgar que la primera opción pueda ser de interés en otras propuestas didácticas más orientadas a la aplicación y desarrollo de modelos teóricos de los que el alumnado ya tiene un conocimiento inicial.

Una hipótesis de trabajo para el diseño de unidades didácticas contextualizadas

La hipótesis de trabajo en que nos hemos basado para orientar el diseño de secuencias didácticas sería distinguir 3 estrategias clave: contextualizar, descontextualizar y recontextualizar. Según Litwin (2008): «Contextualizar, descontextualizar y recontextualizar se transforman casi de manera inconsciente en un ejercicio crítico importante para reconocer si una experiencia puede confirmar nuevamente el valor que tuvo antaño en las nuevas realidades». Contextualizar comporta presentar al alumnado situaciones de la vida cotidiana que tengan sentido para ellas y ellos, y les posibiliten reconocer la utilidad del nuevo aprendizaje y expresar sus ideas y explicaciones iniciales. Descontextualizar se refiere a centrar la mirada en alguno de los aspectos científicos del contexto que ayudan a explicar fenómenos que suceden en su entorno y abstraer las ideas clave, sus interrelaciones, las pruebas que las validan y los modos de representarlas y hablar sobre ellas. Recontextualizar se

entiende como el uso de los modelos teóricos previamente aprendidos en nuevos contextos (es decir, transferirlos), a fin de que los alumnos establezcan más relaciones, se los representen de forma más compleja y, al mismo tiempo, aprendan a aplicarlos en distintas situaciones e, incluso, a relacionarlos con otros modelos de la misma disciplina o de otras. A partir de este marco y de la discusión de los fundamentos y problemáticas de los proyectos en contexto que se encuentran en la literatura, inferimos que el diseño de secuencias didácticas contextualizadas para el aprendizaje de modelos teóricos científicos debería responder a 4 criterios (fig. 1).

Con relación a la selección de los contextos

La selección del contexto principal tendría que tener en cuenta la relevancia personal, social y vocacional de la situación para los aprendices (Stuckey, Mamlok-Naaman, Hofstein y Eilks, 2013) y, por tanto, ser una temática real o como mínimo verosímil. Puede ocurrir que haya contextos más relevantes para chicos o para chicas, debido a la cultura que rodea a las cuestiones de género en la sociedad, y también que dicha relevancia dependa del entorno sociocultural del alumnado o de los problemas divulgados por los medios de comunicación. Todas son variables a tener en cuenta aunque, en general, son idóneos los relacionados con temas de salud o medioambiente y, en general, con la ciencia y tecnología de frontera (Garritz, 2010).

Probablemente, la cuestión no solo se centra en escoger los contextos adecuados sino en planificar la manera más idónea de presentarlos. La empatía del profesorado será un aspecto clave ya que será necesario construir con el alumnado un escenario (a partir de una narración, una visita externa al centro educativo, un video, un debate, un experimento, una imagen, una noticia...) del que se harán emerger las ideas de ciencia, ayudando a centrar la mirada en algunos de los aspectos del contexto que la ciencia puede ayudar a explicar. Aunque a menudo el profesorado considera que esta primera fase del proceso de aprendizaje no es necesaria (Herrerías y Sanmartí, 2012), esta no se puede obviar y se habrá de dedicar el tiempo suficiente para compartir objetivos con el alumnado, identificar sus ideas previas, sentimientos y formas de razonar y de hablar, y «sembrar semillas», por lo que se ha de entender como una inversión que más adelante dará sus frutos.

Con relación a las ideas de ciencia y la modelización

Aprender ideas de ciencia a partir del análisis de situaciones contextualizadas comporta aprender los contenidos necesarios para conocer el contexto (que si es relevante son útiles por sí mismos aunque normalmente son descriptivos), pero lo más importante es que represente una oportunidad para construir ideas clave de la ciencia y sus interrelaciones (los modelos teóricos), de forma que esas ideas sean útiles no solo para interpretar las situaciones o resolver el problema o problemas derivados del contexto seleccionado, sino también otros muchos. Es decir, aprenderlos de manera que posibiliten su transferencia.

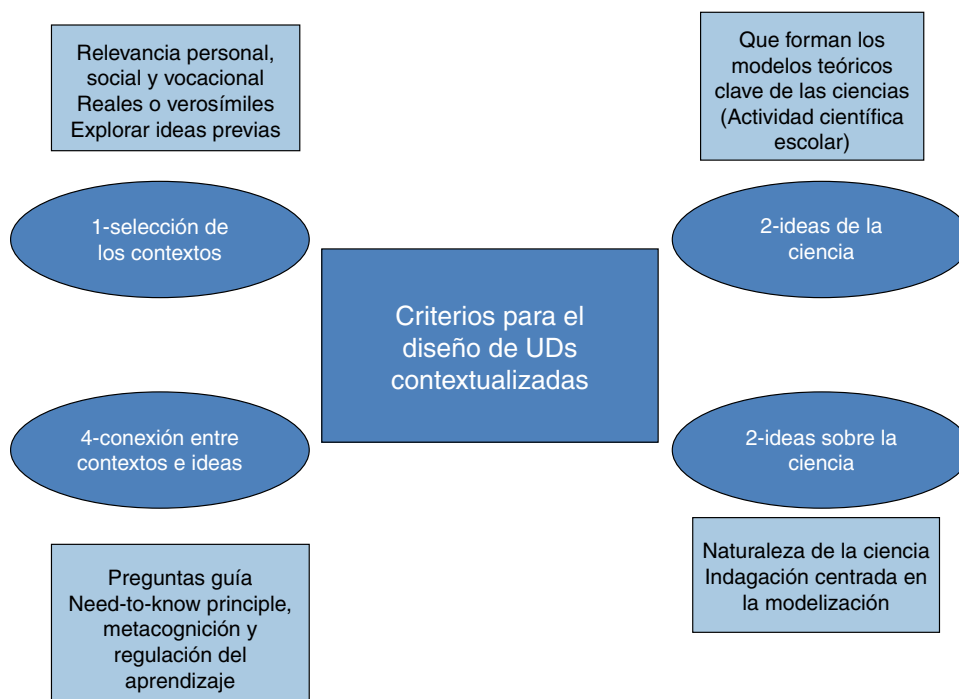


Figura 1 Esquema gráfico de los criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas.

Cada idea tiene una demanda de aprendizaje asociada (Leach y Scott, 2002) y hay algunas más alejadas del conocimiento cotidiano que otras, unas más particulares y otras más generales y unas que se necesitan para construir otras más complejas. Por ello el diseño de una unidad didáctica exige tomar decisiones acerca de cómo favorecer la construcción del entramado de saberes que conforman un modelo teórico. Por este motivo, hay diversas investigaciones que buscan evidencias de la validez de distintas «hipótesis de progresión» o «progresiones de aprendizaje» de las ideas de los alumnos (Talanquer, 2009).

Pero la modelización de las ideas clave no depende solo de la secuencia planificada, sino muy especialmente de la Actividad Científica Escolar que se promueva (Izquierdo, Espinet, García, Pujol y Sanmartí, 1999), es decir, de que se genere una práctica relacionada con resolver un problema específico o con dar respuesta a las preguntas surgidas del contexto seleccionado. Esta Actividad Científica Escolar se entiende como aquella que posibilita establecer relaciones coherentes entre el hacer (experimentar poniendo en acción el conocimiento), el pensar (razonar y estructurar el conocimiento) y el comunicar (expresar el conocimiento), y hace referencia a una enseñanza de las ciencias basada en una práctica de indagación que transforme un hecho real en un hecho científico y dé sentido a los instrumentos y al lenguaje que se empleará. Por tanto parte del contexto y conecta con los conocimientos previos del alumnado para promover la emergencia de preguntas que serán una oportunidad para que los esquemas mentales de los alumnos evolucionen hacia los modelos teóricos de la ciencia actual, a partir de usar las ideas, evaluarlas, revisar su coherencia, estructurarlas y aplicarlas en espirales de niveles de complejidad creciente (Couso, 2013)

Con relación a las ideas sobre la ciencia y la indagación

A través de la práctica de la Actividad Científica Escolar el alumnado debería poder apropiarse también de los contenidos científicos supradisciplinares, es decir, los relacionados con cómo se genera, organiza y evoluciona el conocimiento científico, y los valores y las actitudes frente a este. Habrá que poner énfasis en que el conocimiento científico se ha generado a lo largo de la historia desde las personas y para las personas, y por tanto, es una producción cultural más de la humanidad. La modelización debe entenderse como una práctica científica que no solo sirve para la construcción de conocimientos de ciencia, sino también sobre ciencia (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009) para acabar entendiendo cómo la ciencia «sabe lo que sabe». En esta línea, lo importante de una alfabetización científica no es tanto que todo el alumnado aprenda a diseñar investigaciones rigurosas pero sí que sea capaz de entenderlas y criticarlas, tal como se promueve desde el marco para la evaluación de PISA 2015 (OECD, 2014).

Por tanto, un trabajo experimental de tipo indagativo válido requiere resolver problemas o dar respuesta a preguntas de forma que se promueva la construcción de modelos teóricos, en lo que se conoce como «indagación centrada en la modelización» («Model-Based Inquiry», Windschitl, Thompson y Braaten, 2008). Todo ello a partir de aprender, al mismo tiempo, cómo formular hipótesis fundamentadas en marcos teóricos, identificar pruebas y generar argumentos que validen las posibles explicaciones e interpretaciones. Por lo tanto, modelización e indagación son procesos totalmente interrelacionados, ya que los modelos se han de poner a prueba, identificar evidencias de su

idoneidad y evaluar su alcance y limitaciones (Caamaño, 2011).

Con relación a la conexión entre los contextos y las ideas científicas

Muchos materiales en contexto utilizan una situación relevante al principio de la unidad que motiva a los alumnos y capta su atención, pero esta «magia» solo dura esa sesión porque luego se salta al mundo abstracto de las teorías y los símbolos sin explicitar la necesidad de promover un proceso para que el alumnado pueda construir los conceptos científicos. Bulte et al. (2006) aconsejan seguir el llamado «need-to-know principle», que consiste en que el contexto ha de generar en el alumnado la necesidad de saber más para entender la situación que los motiva. Dicho de otro modo, generar un conflicto cognitivo en el alumnado que le posibilite reconocer que con sus conocimientos actuales no es capaz de abordar la problemática del contexto planteado y, por lo tanto, necesita saber más ciencia.

Una buena estrategia didáctica es la de explicitar esta conexión en forma de preguntas cuya respuesta se relacione con la comprensión de ideas clave del modelo y que guíen las actividades de la unidad didáctica. La pregunta, bien planteada, es una formulación lingüística muy útil porque ayuda al alumnado a apropiarse de los objetivos de aprendizaje y a explorar sus ideas previas sobre cuál podría ser su explicación inicial (Roca, Márquez y Sanmartí, 2013) y, al mismo tiempo, es el punto de partida para generar procesos de indagación que posibiliten encontrar pruebas de su idoneidad.

Pero este ir y venir entre el contexto (con los datos que se aportan al indagar sobre él) y las ideas para explicarlo, requiere de la aplicación de estrategias de tipo metacognitivo. Numerosas investigaciones han validado que la metacognición promueve una reestructuración de las ideas alternativas hacia las de la ciencia que resulta ser más permanente y, en general, un aprendizaje significativo (Blank, 2000; Sardà, Márquez y Sanmartí, 2014). Además tiene un papel fundamental en la transferencia de ideas aprendidas en un contexto a otros, siempre que favorezca la reflexión y toma de conciencia de las interrelaciones entre las ideas y sobre cómo se estructuran a nivel abstracto (Grotzer y Mittlefehldt, 2012).

Aplicación de los criterios al diseño de una unidad didáctica

Los criterios discutidos en el apartado anterior se han aplicado en el diseño de unidades didácticas para la enseñanza de la química en alumnos de 14-15 años que ya tenían algunos conocimientos previos sobre la estructura corpuscular de la materia. Como se ha indicado, la validez de esta propuesta ha sido objeto de estudio a partir de investigar sobre la capacidad del alumnado que aprendió a partir de ella para transferir conocimiento científico (modelos teóricos) a otros contextos no estudiados.

En este trabajo se analiza cómo se aplican los anteriores principios al diseño de la unidad que tenía como finalidad la modelización de la estructura de los átomos. El contexto inicial seleccionado fue «Radiación y vida». Se consideró

que es una temática que tiene relevancia personal, social y vocacional ya que permite abordar diversas situaciones del entorno del alumnado que acostumbra a ser objeto de interés y, al mismo tiempo, son socialmente relevantes por relacionarse con la discusión de problemas ambientales y de salud. Este contexto posibilita plantear diversas preguntas para estudiar diferentes fenómenos y problemas presentes en la vida cotidiana que potencialmente pueden promover que los alumnos construyan un modelo teórico para interpretarlos y, posteriormente, transferirlos. En los programas de enseñanza de la química es muy habitual abordar el tema de la estructura atómica desde la abstracción o, como máximo, conectándolo con la historia de la ciencia, pero sin partir de hechos que les posibiliten captar por qué es necesario aprender sobre los átomos y su estructura. En cambio, en esta unidad didáctica se promovió explícitamente que cada nueva idea se relacionara con algún hecho que pudiera generar en el alumnado interés por saber como explicarlo.

Los diferentes subcontextos y los contenidos asociados que se tratan a lo largo de la unidad didáctica se seleccionaron y secuenciaron en función de una hipótesis de progresión en el proceso de modelización de la idea de estructura atómica, con la finalidad de que el alumnado pudiera ir enriqueciendo su modelo teórico con nuevas ideas científicas. Así, la situación inicial seleccionada se relaciona con la radioterapia, y a partir de la pregunta: «¿De dónde salen y cómo son las radiaciones que curan?», nos empezamos a imaginar qué hay dentro del átomo. Posteriormente se fueron generando otras preguntas que conllevaron analizar situaciones o problemas no necesariamente relacionados con el inicial, como son la datación de muestras arqueológicas o el funcionamiento de las centrales nucleares.

En la figura 2 se muestra un mapa de esta progresión, relacionando las preguntas-guía seleccionadas y las ideas clave del modelo teórico que se va trabajando a partir de ellas. El punto de partida de la figura son las partículas subatómicas básicas, aspecto que se trabajó en un curso anterior y a partir del cual se promueve el progreso de sus ideas sobre la estructura atómica. La finalidad de este diseño es que el alumno construya un modelo teórico para la estructura atómica que le permita interpretar fenómenos diversos pero que al mismo tiempo también sea útil desde el punto de vista propedéutico, es decir que le posibilite la ampliación del modelo para interpretar más hechos en etapas postobligatorias, por ejemplo, espectros atómicos discontinuos o propiedades atómicas periódicas mediante configuraciones electrónicas.

A través de los contextos seleccionados (criterio 1 de la propuesta), se pretendía que el alumnado viera el potencial predictivo y explicativo de un modelo teórico sobre la estructura atómica en situaciones muy diversas y relevantes socialmente (tratamientos médicos, mutaciones, radiactividad, centrales nucleares, etc.). La diversidad de contextos alrededor de un mismo modelo teórico puede contribuir a que el alumnado tome conciencia de la universalidad y utilidad de las teorías de la ciencia. Los contextos también permiten llevar a cabo la enseñanza de los 3 tipos de contenidos: descriptivos de los contextos, ideas de la ciencia (criterio 2, el modelo nuclear y electrónico de la estructura atómica y su relación con la tabla periódica) e ideas sobre la naturaleza de la ciencia (criterio 3, evolución histórica

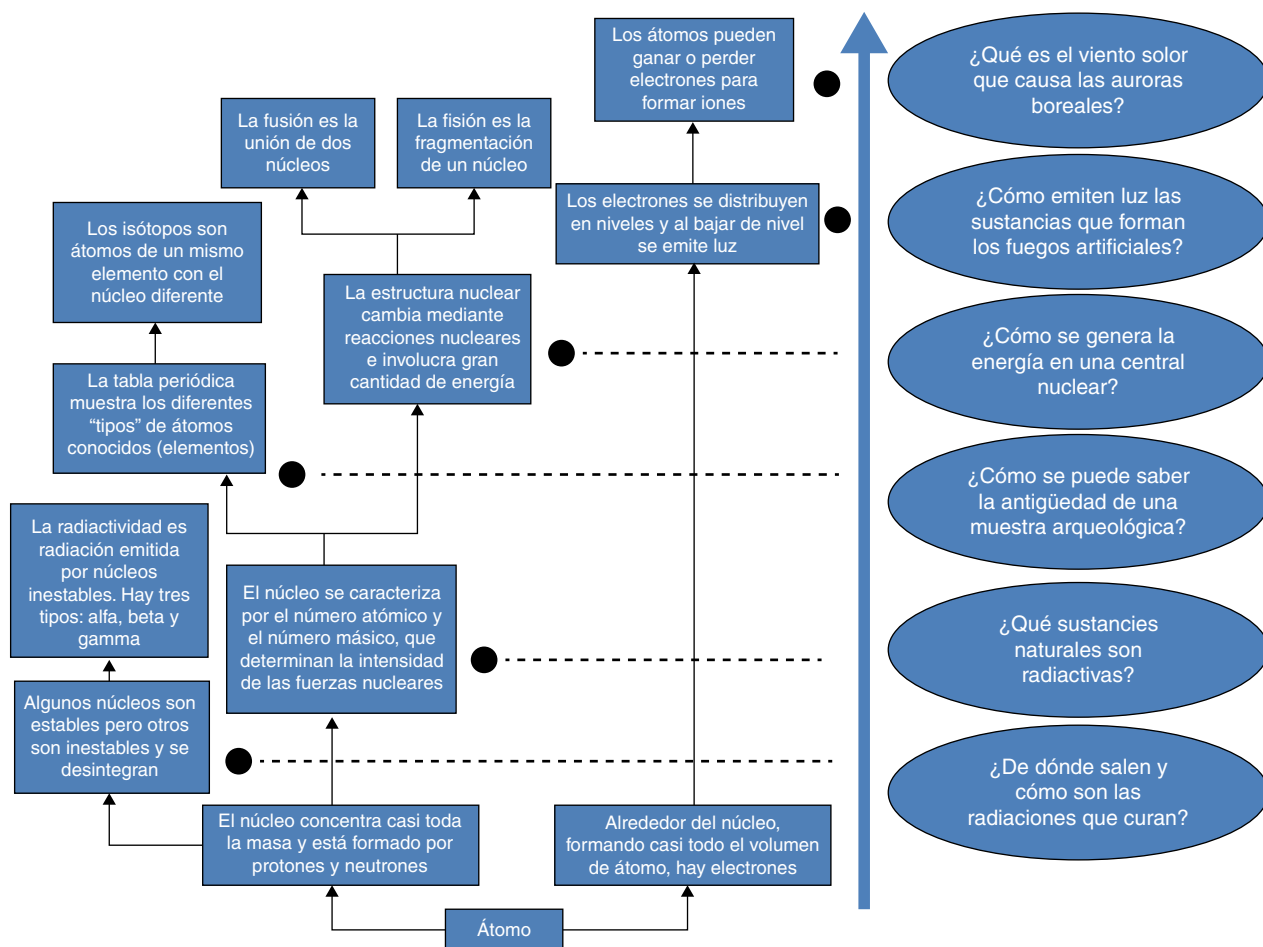


Figura 2 Mapa de progresión del modelo teórico sobre estructura atómica para alumnado de 14-15 años en la unidad didáctica «Radiación y vida».

del conocimiento científico a través de los modelos atómicos, la vida de Marie Curie, etc.). Respecto al criterio 4, cada nuevo subcontexto que se estudiaba se hacía a partir de una pregunta-guía que los alumnos discutían entre ellos y con el profesor. El objetivo es doble; por un lado, que el alumnado sienta el contexto como cercano y relevante, y por otro, promover que emerjan sus ideas previas. También hay que destacar las actividades de síntesis orientadas a la estructuración de los nuevos conocimientos que iban construyendo y al establecimiento de interrelaciones entre ellos. Por ejemplo, a partir de un resumen con las preguntas-guía, se fueron explicitando las ideas científicas que se aprendieron para responderlas y los criterios de evaluación, a partir de los cuales el alumnado se autoevaluaba y recibía ayuda de sus compañeros o del profesor.

Reflexiones finales

A partir de esta propuesta y de su fundamentación y aplicación en el aula, se pueden deducir algunas reflexiones sobre qué comporta orientar un uso de los contextos en la enseñanza de forma que se promueva un aprendizaje significativo y relevante socialmente de la química y, en general, de las ciencias.

-El trabajo en contexto como elemento vertebrador de una variedad de actividades. Una enseñanza en contexto, por sí sola, no implica un mejor aprendizaje, ya que se deben aplicar también cambios metodológicos. Es decir, los aprendizajes serán poco significativos si se utilizan los contextos en una secuencia didáctica totalmente expositiva en la que los alumnos solo realizan actividades reproductivas, descriptivas y memorísticas. Es importante combinar el contexto con muchas otras herramientas de la didáctica de las ciencias de las cuales tenemos evidencias de que promueven un mejor aprendizaje, como son modelizar a través de la indagación (Caamaño, 2011), el trabajo cooperativo o la autorregulación de tipo metacognitivo. Especialmente necesario es que cada contexto y subcontexto no sea un mero pretexto sino que se constituya en hilo conductor para introducir y construir ideas clave. La diversidad de subcontextos conlleva que se apliquen actividades muy variadas (experimentos, visitas, lecturas, videos...), pero también cabe destacar que esta diversidad hace que sean aún más necesarias las actividades de síntesis y estructuración de las ideas que se van construyendo, de forma que se promueva su jerarquización e interrelación.

- El trabajo en contexto y la motivación. Muchos de los defensores del trabajo en contexto argumentan que su punto fuerte es que los alumnos están más motivados (Campbell y

Lubben, 2000), pero de poco serviría si se tradujera solo en el aprendizaje de unos contenidos que no fueran más allá de los asociados al conocimiento del contexto (por relevante que sea) o a un conjunto de curiosidades, descripciones y anécdotas. La auténtica motivación de los jóvenes, la intrínseca, aparece cuando se dan cuenta del disfrute que supone ser capaz de entender y explicar por ellos mismos distintos fenómenos del mundo en el que viven, así como de predecir y explicar misterios de la naturaleza que no se han tratado en clase. Pero ello exige que las ideas aprendidas sean generales y potentes, es decir, que sean útiles para explicar hechos muy diversos y no solo los derivados del contexto o contextos escogidos para su construcción.

- *El trabajo en contexto y la transferencia.* Algunos investigadores de la enseñanza en contexto argumentan que centrar el aprendizaje en una determinada situación puede provocar que algunos alumnos solo atribuyan significado al modelo científico en el contexto en el que lo aprendieron y afirman que «la transferencia se dificulta si los sujetos han aprendido en un solo contexto, y se favorece cuando se aprende en múltiples contextos» (Bassok y Holyoak, 1989). En el caso estudiado a partir de la aplicación de las unidades didácticas descritas ha resultado útil promover que los alumnos estén habituados a cambiar de contexto y a interrelacionar modelos teóricos, es decir, que se trabaje un determinado modelo aplicándolo en diferentes contextos, y viceversa, abordar la comprensión de un contexto determinado desde modelos teóricos diversos, para poner de manifiesto la necesidad de una visión interdisciplinar de la ciencia para comprender la realidad.

- *El trabajo en contexto y la vocación científica.* También se ha argumentado que esta metodología contribuye a solucionar uno de los problemas actuales en la enseñanza de las ciencias: la falta de vocaciones científicas, especialmente en las ciencias puras (como la química) y en menor grado en las aplicadas. De hecho, la enseñanza en contexto se desarrolló en muchos países con el objetivo principal de captar más alumnos para la rama de ciencias pero para conseguirlo se renunciaba al estudio de modelos teóricos quizás por considerarlos demasiado abstractos para ser aprendidos por todo el espectro de alumnos. Por ejemplo, en el popular proyecto *Twenty First Century Science* (Millar, 2006) las unidades tratan temas muy sugerentes y cercanos a la vida de los alumnos pero no se profundiza en el aprendizaje de modelos teóricos clave, como pueden ser el de cambio químico o el modelo de partículas. Por tanto, cabría preguntarse si esta estrategia solo retrasa el abandono de la rama científica al curso posterior de especialización. En el caso estudiado se ha podido comprobar un incremento muy significativo de los estudiantes que optan por la asignatura de Física y Química (no obligatoria) en el siguiente curso (Marchán y Sanmartí, 2013).

- *El trabajo en contexto y la modelización.* Modelizar en química es una tarea compleja que supone abstraer y situar al alumnado en un mundo intangible, por eso contextualizar exige ayudar al alumnado a centrar la mirada en aquel aspecto del contexto que permite introducir una nueva idea científica que contribuye a la construcción del modelo teórico elegido (véase la figura 2) y, al mismo tiempo, tiene sentido por relacionarse con los hechos que explica. Es algo muy distinto a hablar de la estructura atómica y de sus características sin relación con ningún fenómeno del mundo de

los estudiantes. Contextualizar y modelizar no son actividades opuestas sino que van de la mano tal y como afirma Chamizo (2013) en su definición de modelo: «los modelos (m) se construyen contextualizando una porción del mundo real (M) con un objetivo específico». El aprendizaje en contexto representa una oportunidad en la construcción de modelos teóricos que permitan al alumnado hacer interpretaciones, explicaciones y predicciones de fenómenos que tienen lugar en su entorno cercano, así como evaluar y diseñar investigaciones científicas e interpretar datos y evidencias científicamente (los 3 aspectos de la competencia científica según el nuevo marco de las pruebas PISA para 2015).

A modo de conclusión, el diseño de unidades didácticas contextualizadas para una educación científica más auténtica requiere que, además de aumentar la motivación hacia la ciencia y las vocaciones científicas, contribuya a promover un aprendizaje más significativo de ciencia y sobre la ciencia, de forma que favorezca el desarrollo de la competencia científica. Sin embargo, aunque el uso de modelos teóricos en una amplia variedad de contextos parece promover que los alumnos apliquen lo aprendido en situaciones nuevas, habrá que investigar más para saber cómo conseguir que el máximo de estudiantes sea capaz de transferir los conocimientos aprendidos a situaciones nuevas y profundizar en las características de esta habilidad cognitiva y, muy especialmente, sobre cómo promover que los alumnos realicen transferencias lejanas y creativas para así formar ciudadanos capaces de afrontar los retos de la sociedad del futuro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

En primer lugar, al alumnado del instituto Europa por permitirnos investigar a través de sus clases de Física y Química. Investigación realizada en el marco del grupo LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències), grupo de investigación consolidado (referencia 2014SGR1492) por AGAUR (Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca) y financiada por el Ministerio de Educación y Ciencia (referencia EDU-2012-38022-C02-02).

Referencias

- Adúriz-Bravo, A. y Izquierdo, 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.
- Bassok, M. y Holyoak, K. J. (1989). Interdomain transfer between isomorphic topics in algebra and physics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15, 153-166.
- Blank, L. (2000). A metacognitive Learning Cycle. *Science Education*, 84(4), 486-506.
- Bulte, A. M. W., Westbroek, H. B., de Jong, O. y Pilot, A. (2006). A Research Approach to Designing Chemistry Education using Authentic Practices as Contexts. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1063-1086.

- Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 21–34.
- Campbell, B. y Lubben, F. (2000). Learning science through contexts: Helping pupils make sense of everyday situations. *International Journal of Science Education*, 22(3), 239–252.
- Chamizo, J. A. (2013). A new definition of models and modeling in chemistry's teaching. *Science and Education*, 22(7), 1613–1632.
- Couso, D. (2013). La elaboración de unidades didácticas competenciales. *Alambique*, 74, 12–24.
- De Freitas, K. A. y Alves, A. (2010). Reflexiones sobre el papel de la contextualización en la enseñanza de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), 275–284.
- Eubanks, L. P. (2008). Teaching and learning with chemistry in context. *Educación Química*, 19, 289–294.
- Garritz, A. (2010). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados. *Enseñanza de Las Ciencias*, 28, 315–326.
- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of «context» in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957–976.
- Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W. y Pilot, A. (2011). Concept development and transfer in Context-Based science education. *International Journal of Science Education*, 33(6), 817–837.
- Grotzer, T. y Mittlefehldt, S. (2012). The role of metacognition in students' understanding and transfer of explanatory structures in science. En A. Zohar y Y. J. Dori (Eds.), *Metacognition in science education. Trends in current research* (pp. 79–99). Holanda, Amsterdam: Springer.
- Herreras, L. y Sanmartí, N. (2012). Aplicación de un proyecto curricular de física en contexto (16-18 años): valoración de los profesionales implicados. *Enseñanza de Las Ciencias*, 30(1), 89–102.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, R. M. y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 79–91.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. y Reigosa, C. (2006). Contextualizing practices across epistemic levels in the chemistry laboratory. *Science Education*, 90, 707–733.
- King, D. (2012). New perspectives on context-based chemistry education: Using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, 48(1), 51–87.
- Kortland, J. (2007). Context-based science curricula: Exploring the didactical friction between context and science content. In *Paper presented at the ESERA 2007 Conference Malmö, Sweden*.
- Leach, J. y Scott, P. H. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences. An approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning. *Studies in Science Education*, 38, 115–142.
- Litwin, E. (2008). *El oficio de enseñar*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Marchán, I. y Sanmartí, N. (2013). Validation of principles for the design of teaching-learning sequences that foster the transfer of learning in science education. In *Paper presented at the ESERA 2013 Conference Nicosia, Cyprus*.
- 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.
- OECD (2014). PISA 2015 Draft Framework. Consultada por última vez 31 Dic 2014. Disponible en: <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>
- Prins, G. T., Bulte, A. M. W., van Driel, J. H. y Pilot, A. (2008). Selection of authentic modelling practices as contexts for chemistry education. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1867–1890.
- Roca, M., Márquez, C. y Sanmartí, N. (2013). Las preguntas de los alumnos: una propuesta de análisis. *Enseñanza de Las Ciencias*, 31(1), 95–114.
- Sardà, A., Márquez, C. y Sanmartí, N. (2014). Characteristics of teachers' support on learning: a case study. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 2(1), 15–26.
- Solomon, J. y Aikenhead, G. S. (1994). *STS Education: International perspectives on reform*. New York, USA: Teachers College Press.
- Stuckey, M., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. y Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the chemistry curriculum. *Studies in Science Education*, 34, 1–34.
- Talanquer, V. (2009). On cognitive constraints and learning progressions: The case of «structure of matter». *International Journal of Science Education*, 31(15), 2123–2136.
- Ültay, N. y Çalık, M. (2012). A thematic review of studies into the effectiveness of context-based chemistry curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 686–701.
- Windschitl, M., Thompson, J. y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941–967.