

LA HISTORIA DE LAS CIENCIAS EN EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS

DEVELOPING SCIENTIFIC COMPETENCES THROUGH THE HISTORY OF SCIENCE

María Álvarez Lires
lires@uvigo.es

Azucena Arias Correa
azucena@uvigo.es

Uxío Pérez Rodríguez
uxio.perez@uvigo.es

J. Francisco Serrallé Marzoa
jfserralle@uvigo.es

Facultade de Ciencias da Educación e do Deporte, Universidade de Vigo

RESUMEN: En este artículo se presenta una experiencia realizada en la asignatura Ciencias experimentales de 2º curso del grado en Educación Primaria (EP) encaminada al desarrollo de competencias científicas introduciendo la historia de las ciencias y de las técnicas (HCT). Se trata de una investigación cualitativa (Cook y Reichardt, 2005) en la que se analizan producciones presenciales y virtuales del alumnado. Se inserta en una investigación en curso sobre concepciones previas del alumnado y pretende el desarrollo de competencias, incidiendo, entre otros, en los siguientes aspectos:

- Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia.
- Metodologías de enseñanza para producir aprendizajes.
- Aprendizaje colaborativo semipresencial (*blended learning*).

PALABRAS CLAVE: historia de las ciencias, ideas previas, competencias científicas, metodologías de enseñanza, aprendizaje semipresencial.

ABSTRACT: This paper presents an experience developed in the Experimental Sciences subject of the second course for school teachers of Primary Education degree. This training activity was aimed at developing scientific competences introduced by the History of Science and Technology (HST). It is an educational qualitative research (Cook and Reichardt, 2005) which analyzes the presence productions and virtual exercises of the students. The experience is into a research that stem from the conceptions of students and it aims to develop scientific competences emphasizing the following aspects, to each other:

- The nature of science.
- Teaching methodologies to produce learning.
- Collaborative blended learning.

KEYWORDS: History of Science, previous ideas, scientific competences, teaching methodologies, blended learning.

Fecha de recepción: enero 2011 • Aceptado: octubre 2011

INTRODUCCIÓN

La dificultad de los sistemas educativos para responder a una nueva situación –derivada de las características de la sociedad actual (globalización, desarrollo de las TIC, crecimiento acelerado del conocimiento, su rápida obsolescencia y los cambios en el perfil de las profesiones)– que permita adaptarse al cambio constante, interesarse en el aprendizaje durante toda la vida, moverse con seguridad en niveles interdisciplinarios, trabajar en equipo, planificar, decidir, etc., provocó el nacimiento de un modelo vinculado al desarrollo de competencias que implica cambios profundos (Izquierdo et al., 2009; Zabalza, 2008; Gil y Vilches, 2008): las competencias se convierten en logros de aprendizaje, en lugar de adquisición de conocimientos, y afectan a objetivos, papel del profesorado, actividades de enseñanza y a la evaluación (Bolívar, 2009).

La Ley Orgánica de Educación (LOE) y la integración en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) promueven el desarrollo de competencias en los niveles educativos; por ello, el colectivo futuro profesional docente debe ser consciente de la importancia de su adquisición.

La introducción de las competencias en los currículos implica que el profesorado ha de tener la formación necesaria y poseer las competencias docentes adecuadas para que el alumnado consiga las competencias básicas (DeSeCo) o profesionales, según el nivel educativo. El nuevo profesorado ha de centrarse en el aprendizaje del alumnado y dirigirse a la consecución de competencias y no a la acumulación de conocimientos, utilizar recursos variados para un aprendizaje autónomo, atender a su proceso de aprendizaje individual, caminar hacia un papel docente no centrado en la transmisión de conocimientos, encontrar fórmulas de mediación didáctica, trabajar en equipo y tratar la diversidad, partir de las representaciones del alumnado y evaluarlo en situaciones de aprendizaje según un enfoque formativo, sin olvidar la competencia en las TIC (Pérez-Rodríguez et al., 2007; Sangrà, 2008) y no solo dominar el área, disciplina o materia.

¿Es la formación inicial del profesorado la adecuada para realizar estas tareas?

La formación inicial del profesorado debe promover la reflexión (Elliot, 1990; Giroux, 1990; Schön, 1992) y profesionales capaces de decidir en contextos y situaciones diferentes de enseñanza y aprendizaje, movilizando conocimientos y habilidades apropiadas, es decir, desarrollar su competencia profesional (Perrenoud, 2004; Marchesi, 2006; Monereo y Pozo, 2007; Coll, 2007).

La educación del siglo XXI necesita, pues, instituciones formadoras de profesorado que proporcionen:

- Una formación consecuente con su rol de agente de transformación del nuevo modelo de ciudadanía que demanda la sociedad.
- Ayuda para desarrollar competencias profesionales (docentes en este caso), que en la educación obligatoria serán necesarias para poder mediar en el desarrollo de competencias básicas en el alumnado.

Respecto de la didáctica de las ciencias experimentales (DCE), las prescripciones oficiales establecen que el alumnado de magisterio debe comprender los principios básicos y las leyes fundamentales de dichas ciencias, conocer el currículo escolar correspondiente, desarrollar y evaluar contenidos de este mediante recursos didácticos apropiados y adquirir las competencias profesionales precisas para enseñar ciencias. La DCE en la formación inicial ha de contribuir a la formación inicial global del profesorado más allá de la formación específica, ha de servir para adquirir competencias para intervenir adecuadamente en el ámbito del aula (saber enseñar ciencias y gestionar el grupo-clase), de la escuela (saber participar e impulsar proyectos de innovación) y de la sociedad (saber posicionarse ante problemas sociales y establecer interrelaciones con instituciones y organizaciones) (Pujol, 2008).

Pero ¿qué ciencia enseñar? La ciencia actual es una construcción de conocimiento que incorpora la complejidad y se realiza desde un marco de valores y, por tanto, las finalidades de la *ciencia escolar* se han de abordar desde la complejidad como una actividad para la construcción significativa de nuevas maneras de pensar, hablar, sentir y actuar que permitan explicar y transformar el mundo (Izquierdo et al., 1999). Se debe construir un pensamiento complejo, plantear un conocimiento en el que razón y emoción sean elementos complementarios y ahondar en el significado de una *ciencia escolar* que eduque para la acción (Izquierdo et al., 2004).

La ciencia, en la escuela, debe favorecer que el alumnado pueda participar activamente de las cosas del mundo, además de promover un espacio diverso y rico de diálogos, debate, cuestionamiento y posibilidades de cambio y reestructuración de ideas, así como el surgimiento de otras nuevas (Ravanel et al., 2009).

De acuerdo con Pujol (2008), optar por un modelo de *ciencia escolar* significa:

- Dejar de pensar en «temas» y estudiar fenómenos concretos que permitan múltiples formas de interpretarlos, hacerse preguntas y buscar nuevos datos.
- Organizar las clases en torno a contextos comunes para compartir vivencias y experiencias, construir conocimientos colaborativamente, comprender los fenómenos y determinar acciones para construir modelos de interpretación cada vez más complejos.

Aun cuando es indiscutible la importancia de la educación científica –la ciencia es parte del acervo cultural de la humanidad, puede ofrecer un marco de pensamiento que permita sentir, pensar y actuar para construir un mundo más justo y más sostenible, para mejorar la calidad de vida y la participación ciudadana responsable e informada (Pujol, 2001; Quintanilla, 2006)–, se ha constatado un enorme desinterés entre la juventud por los estudios de ciencias y ha crecido la preocupación por su enseñanza. Así, los informes *Rocard* (2006) y *Nuffield Foundation* (2008) afirman la necesidad de modificar la enseñanza de las ciencias. En este sentido, diversas investigaciones sobre DCE (Cortés y de la Gándara, 2006; Jiménez, 2000; Sanmartí, 2002; Chinn y Malhotra, 2002; Pujol, 2007) insisten en que para desarrollar competencias científicas se ha de cambiar la metodología.

DeSeCo (2004) define la competencia científica como la habilidad y disposición para usar la totalidad de los conocimientos y la metodología utilizada en el campo de la ciencia con el fin de explicar el mundo natural. La LOE incorpora al currículo las competencias básicas, siendo una de ellas la de «conocimiento e interacción con el mundo físico», identificada a veces con la competencia(s) científica(s) (Erduran y Jiménez, 2007; Bravo, Puig y Jiménez, 2009). Hay quienes hablan de competencia(s) tecnocientífica(s) (Álvarez-Lires, 2010) como la habilidad y disposición para utilizar adecuadamente los conocimientos y las metodologías usadas en el campo de la ciencia para explicar el mundo, así como su aplicación para modificar el entorno en respuesta a deseos o necesidades humanas. Esta competencia implica:

- Conocimiento de los principios básicos del mundo natural, de la tecnología y de los productos y procesos tecnológicos.
- Comprensión de la relación entre la ciencia, la tecnología y otros campos tales como el progreso científico, la sociedad (valores, implicaciones de género y éticas), la cultura y el desarrollo sostenible (Álvarez-Lires et al., 2010).

Si la introducción de las competencias conlleva una nueva forma de definir las intenciones educativas (Arias-Correa et al., 2009) e incorpora la importancia de la funcionalidad –usar el conocimiento para actuar sobre la realidad (Martín, 2008)–, la integración de los diferentes contenidos, la utilización de saberes en diferentes contextos o la acentuación de lo relevante, habrá que pensar en la metodolo-

gía más adecuada para adquirir las competencias básicas. En el caso de las ciencias, hay que superar el reduccionismo conceptual (Gil y Vilches, 2008). El éxito de las mediaciones docentes residirá en enseñar a pensar, a hablar, a hacer, a autorregularse y a trabajar en colaboración (Pujol, 2007), porque las ciencias han de servir, entre otras cosas, para analizar e interpretar fenómenos e información, han de ser comunicables y constituyen una actividad (Izquierdo, 2007) que se realiza en equipo y debe ser evaluable.

Esto será posible con un profesorado reflexivo, conocedor de cómo aprende ciencias el alumnado y de los medios adecuados para potenciar ese aprendizaje.

El profesorado posee concepciones, imágenes y creencias sobre la ciencia y de cómo esta se aprende y se enseña, que se basan en sus experiencias desde la primera escolarización, acumulando observaciones y modelos sobre el funcionamiento de las aulas, el profesorado y las materias (Fernández, Elórtogui y Medina, 2002), e incluye características del currículo, conocimientos, la manera de evaluar y las emociones que le generaron dichas experiencias (Bonil y Márquez, 2009). A todo esto hay que sumar que su bagaje científico es habitualmente escaso (Pujol, 2008), lo que influye en su actitud hacia la ciencia y su aprendizaje. Ello repercutirá en su manera de enseñar (Raval et al., 2009), de aprender a enseñar ciencias o de mediar en su aprendizaje en EP. Es necesario, pues, poner en cuestión las concepciones iniciales para que se puedan autorregular y reconstruir (Angulo, 2003; Bonil y Márquez, 2009), haciéndolas evolucionar hacia otras más adecuadas que sustenten su conocimiento profesional mediante estrategias de reestructuración y de construcción.

Desde la implantación de la LOE (2006) y la aprobación del currículo de EP en Galicia (2007)¹ consideramos la necesidad de incorporar a la DCE la adquisición de competencias profesionales docentes del futuro profesorado destinadas a desarrollar y evaluar competencias básicas, científicas en particular.

Conscientes de que el profesorado, al incorporarse a la profesión, tiende a reproducir en el aula sus propias experiencias previas, se ha considerado necesario permitirle establecer una interacción entre diferentes materias, evitando la fragmentación, de igual modo que existe interacción entre las competencias, así como vivenciar modelos innovadores que favorecerán el desarrollo de las competencias profesionales.

En tal sentido, la introducción de la HCT en la enseñanza científica puede contribuir a adquirir conocimientos, motivar al alumnado, mostrarle los aspectos más humanísticos de la ciencia, desarrollar competencias científicas y avanzar en la disminución del fracaso escolar (Jiménez-Aleixandre, 1996; Izquierdo, 1997; Debru, 1999; Quintanilla et al., 2005; Masson y Vázquez-Abad, 2006; Pérez-Rodríguez et al., 2009a, 2009b). Dicha introducción tiene un doble interés según Audigier y Fillon (1991):

1. En cuya elaboración hemos participado activamente.

<i>Didáctico</i>	<i>Cultural</i>
<p>Hacer surgir las representaciones del alumnado, concienciarle de su insuficiencia para explicar hechos experimentales y mostrarle como algunas se parecen a las primeras explicaciones científicas.</p> <p>Poner de manifiesto la forma como se reorganiza el pensamiento; el conocimiento no se construye acumulativamente, sino a través de reorganizaciones sucesivas.</p> <p>Ilustrar la idea de que la construcción del conocimiento responde a preguntas y problemas.</p> <p>Reflexionar sobre las disciplinas y los instrumentos intelectuales que elaboran para pensar la realidad como leyes, teorías, modelos o conceptos.</p> <p>Mostrar la diferencia entre argumentación científica y opinión.</p>	<p>Mostrar la ciencia y la técnica como construcciones humanas y sociales.</p> <p>Oponerse a la idea de ciencia desinteresada/conocimiento frente a técnica que deriva de ella y sirve a intereses económicos.</p> <p>Ilustrar la influencia de factores políticos, económicos y culturales, atravesados por el género, en la construcción y producción C y T.</p> <p>Discutir la idea de que la teoría es verdad absoluta y sigue a la experiencia, mostrando las dudas, los debates, los errores, la crítica y la reelaboración de las teorías científicas.</p> <p>Considerar las implicaciones éticas de esta reflexión.</p>

Así considerada, la HCT puede contribuir a motivar al alumnado por el estudio de las ciencias y a una reflexión sobre ellas como iniciación a la cultura científica y técnica.

ANTECEDENTES DE LA EXPERIENCIA

Se trata de una experiencia de investigación-innovación educativa (Schulman, 2004; Morales, 2010) que parte de una investigación sobre concepciones previas del alumnado (Arias-Correa et al., 2011) y las implicaciones de dichas concepciones y representaciones en el diseño de líneas de actuación destinadas a la enseñanza y adquisición de competencias científicas docentes, encaminadas a desarrollar competencias básicas en EP. Dicha investigación desarrolla y experimenta el trabajo por proyectos (Arias-Correa et al., 2009) como un método valioso, basado en el constructivismo social, para la etapa de EP.

Ante la imposibilidad de reproducir todos los resultados obtenidos, se muestran algunos de los más relevantes para la presente experiencia.

- a) A través de cuestionarios cerrados y KPSI, se constató que solo un 20% de la muestra había cursado bachillerato científico, que la mayoría abandonó todo contacto con las ciencias experimentales en tercer curso de ESO y que su desconocimiento de las competencias básicas y profesionales era notable.
- b) Se analizaron, mediante la técnica de análisis de contenidos (Krippendorff, 1990; Cook y Reichardt, 2005), carpetas de aprendizaje (Bolívar, 2009), estudios de caso, debates y proyectos (Arias et al., 2009), que mostraron, entre otros aspectos, que:
 - El alumnado está acostumbrado a un modelo de enseñanza basado en «explicaciones y apuntes», realización de prácticas, problemas o trabajos –con escasa autonomía– y respuesta a un examen (repetición de definiciones, desarrollo de un tema explicado, resolución de problemas-tipo o preguntas sobre prácticas de laboratorio ya efectuadas).
 - Identifica evaluación con «examen y calificación», sin relacionarla con la orientación y la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje ni con la regulación y autorregulación de los aprendizajes. Los exámenes son los «instrumentos exclusivos de evaluación».
 - No percibe la necesidad de la interdisciplinariedad para estudiar problemas actuales (Garritz, 2010).

- Solamente el 17% había estado en un laboratorio para «ver algún material de química» o «preparaciones al microscopio».
- No había relacionado lo aprendido en otras materias con el currículo de EP, el cual había utilizado solo cuando «aprendió a programar en didáctica».
- Su experiencia de trabajo en grupo había consistido en «repartir las partes del trabajo» y luego «unirlas».
- Su conocimiento de la HCT se limitaba a haber «visto *pedacitos* de biografías de científicos en el libro», y las relaciones CTS o las implicaciones de género (CTGS) estaban ausentes de sus concepciones de ciencia.
- Los recursos didácticos conocidos eran el libro de texto e Internet (que consideraban como fuente de saber universal y veraz).

La tabla 1 muestra algunas ideas previas categorizadas.

Tabla 1.
Ideas previas

Consideraciones generales sobre metodología	Estamos perdidos. Nos sentimos mal porque no sabemos responder. Esto es un «rollo». El método tradicional es más seguro y produce menos incertidumbre; sabemos si la respuesta es correcta.
Competencias clave y docentes	Se desconocen, se nombran mal o se identifican con áreas o materias.
Conocimiento de recursos didácticos	Libro de texto e Internet.
HCT	Fragmentos de biografías de libros de texto. Científicos varones y, a veces, Marie Curie. Historia de teorías y descubrimientos. Verdades absolutas. No existen relaciones CTS ni implicaciones de género.
Enseñanza y aprendizaje de las CCEE	Conceptos, acumulación de información y algoritmos. Conocimiento declarativo de la estructura y funciones celulares, de un «modelo atómico»... Desconocimiento de modelos científicos.
Interdisciplinariedad	Saber disciplinar.
Evaluación	Examen.
Cuestiones de actualidad	Desconocimiento casi total.
Justificaciones y argumentaciones	Prácticamente ausentes. Solo conocimiento declarativo.
Trabajo en colaboración	Cada miembro del grupo hace una parte y luego se juntan.
Uso de TIC	Internet, redes sociales, chat, búsqueda de «conocimientos». Uso de plataformas de teledocencia solo como repositorio de materiales. Nunca Google Earth, ni siquiera en geografía. Nunca habían incluido vídeos ni fotografías en sus trabajos.
Currículo EP	Objetivos, contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, áreas. Sin relación con otras materias ni competencias.

Estas concepciones interfieren a la hora de utilizar una metodología socioconstructivista para propiciar la adquisición de competencias. Aprender a enseñar ciencias o aprender a mediar en el aprendizaje de las ciencias en EP supone cuestionar sus concepciones iniciales –sobre la ciencia, el área implicada en EP, sus contenidos, el currículo, su aprendizaje, su evaluación y el rol del profesorado– y construir otras más adecuadas, pues son las que sustentarán su conocimiento profesional.

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

- a) Se constató, a través de cuestionarios KPSI y debates, que las concepciones previas del alumnado de 2.º curso del Grado en Educación Primaria (75 personas) parecían calcadas de las detectadas en los estudios de diplomatura. El porcentaje que había cursado bachillerato de ciencias rondaba el 20%, aunque ello parece redundar únicamente en sus conocimientos declarativos.
- b) Siguiendo a Pujol (2008), optar por una *ciencia escolar* implica seleccionar modelos que se han de considerar en la formación inicial del profesorado: modelo de ser vivo, de energía, de materia/cambio químico y de tierra/universo. Tras comprobar que no habían oído hablar de modelo de ser vivo, pero poseían conocimiento declarativo de la estructura y funciones de la célula, se diseñó el módulo interdisciplinar *La célula. La química de la vida*, en el que se aborda la historia de las ideas sobre la célula, la célula como unidad básica de los seres vivos, funciones celulares, procedencia de las células, relación células/organismos pluricelulares (Izquierdo et al., 1995) y la herencia genética, siguiendo el ciclo de aprendizaje de Karplus (Jorba y Sanmartí, 1996; Pujol, 2007), tratando de hacer evolucionar sus modelos de ser vivo según la secuencia didáctica que se indica.

Actividades introductorias

- c) Mediante cuestionarios KPSI, debates y estudios de casos se constató que veían la ciencia como un conjunto de leyes, teorías y descubrimientos que conducen a la verdad mediante «el método científico»; que existía conocimiento declarativo de la estructura de una célula y sus funciones (pero no del modelo de ser vivo), de aspectos elementales de un «modelo atómico» (cuya utilidad desconocían), de científicos notables y de Marie Curie. Al solicitar descripciones de la respiración celular, utilidad de los modelos atómicos, modelos de predicción meteorológica, diferencias entre virus y bacterias, antibióticos y antivirales, distintos aspectos del cambio climático, el genoma humano, la sostenibilidad, la gripe A, elaboración de comentarios críticos sobre el modelo energético o las biotecnologías, incluyendo justificaciones y argumentaciones, el resultado mostró gran desconocimiento de las cuestiones de actualidad (Garritz, 2010) y confusión células/átomos y elemento/compuesto, que intentaron paliar mediante la búsqueda en Google o Wikipedia sin verificar la validez de la información y sin que les resultase significativo el hecho de que se trataba de explorar sus ideas iniciales. Las justificaciones y argumentaciones estaban ausentes de sus producciones escritas y orales (utilizan expresiones como *es lo de; es cuando*) y confunden opinión con argumentación. El análisis de sus producciones orales y escritas, mediante la técnica de análisis de contenidos, nos llevó a indagar sobre los modelos de ciencia de los que parten.
- d) Para indagar sobre sus modelos de ser vivo, se preguntó *¿qué tienen en común los seres vivos?* (solo una alumna respondió). Tras *desvelar* que la célula es la unidad básica de los seres vivos, se preguntó por la *relación entre los organismos y las células*; las respuestas mostraron que no identi-

ficaban la relación entre el funcionamiento de los seres vivos y el de las células. Tampoco relacionaban funciones vitales con procesos químicos. Así pues, poseían conocimientos desconectados entre sí y declaraban que «todos los seres vivos nacen, crecen, se reproducen y mueren», que la respiración consiste en «tomar oxígeno y desprender gas carbónico» o que «las plantas respiran solo por la noche». Las descripciones y algún intento de justificación mostraron una escasa competencia lingüística. Las argumentaciones estuvieron ausentes.

- e) De acuerdo con las concepciones previas detectadas (tabla 1 y apartado c), se seleccionaron competencias que se comunicaron como objetivos de aprendizaje relacionándolas con criterios de evaluación (anexo):

Científica	Hacer evolucionar los modelos de partida mostrando aspectos de la construcción y producción científico-tecnológica, la interdisciplinariedad, las relaciones C/T/G/S, realizar análisis y síntesis, proponer hipótesis, fomentar el espíritu crítico, aprender haciendo.
Lingüística	Aprender a hablar, escribir y (leer) ciencia es necesario para aprenderla significativamente (Sardá y Sanmartí, 2000). Además, la argumentación contribuye a aprender a aprender, a desarrollar pensamiento crítico e ideas sobre la naturaleza de la ciencia y su proceso de construcción (Sardá y Sanmartí, 2000; Sanmartí et al., 2009; Jiménez, 2010).
En diagnóstico y evaluación	Identificación de la relación existente entre la adquisición de competencias y la evaluación, realización de auto y coevaluaciones juntamente con el profesorado.
En trabajo colaborativo presencial y semi-presencial	<i>Blended-learning.</i>
En tecnologías de la información y la comunicación (TIC)	Trabajo colaborativo en red a través de la plataforma de teledocencia.

- f) Siguiendo con las actividades introductorias, a falta de materiales didácticos apropiados de HCT (Álvarez-Lires, 1999; Pérez-Rodríguez y Álvarez-Lires, 2006), se seleccionó la serie de vídeos histórico-científicos *The Cell* de la BBC-Scotland (2009)²: *The Chemistry of Life* (figuras 1 y 2), *The Hidden Kingdom* (figuras 3 y 4) y *The Spark of Life*, que el equipo investigador estudió previamente para su explotación, consciente de su utilidad pero también de que no solucionan los problemas de aprendizaje (Sangrà, 2002; Mayer, 2005; Koumi, 2006; Porta et al., 2007). Se colocaron en un repositorio en el aula virtual y se visionaron secuenciadamente (I y II).

El análisis de estos vídeos pretende contribuir a la consecución de las competencias indicadas, mostrando:

- Las primeras explicaciones científicas, similares a las representaciones del alumnado, y la insuficiencia de estas para explicar hechos experimentales.
- La forma como el pensamiento se reestructura a través de reorganizaciones sucesivas.
- Que la construcción del conocimiento responde a preguntas y problemas.
- La reflexión sobre las disciplinas y los instrumentos intelectuales que elaboran para pensar la realidad como leyes, teorías, modelos o conceptos.
- La diferencia entre argumentación científica y opinión.
- La ciencia y la técnica como construcciones humanas y sociales.
- La inadecuación de la dicotomía ciencia desinteresada/conocimiento frente a técnica derivada de intereses económicos.

2. No se muestran aquí imágenes de estos vídeos de la BBC por motivos de copyright. Las figuras 1, 2, 3 y 4 proporcionan información que aparece en ellos, pero son de libre distribución.

- Relaciones CTGS.
- Las dudas, los debates, los errores, la crítica y la reelaboración de teorías científicas frente a teoría/verdad absoluta/sigue a la experiencia.
- Implicaciones éticas de esta reflexión.

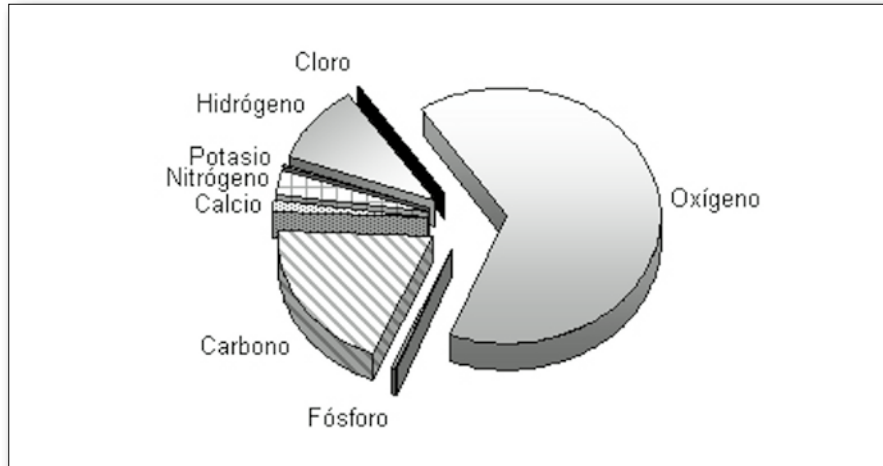


Figura 1. Principales elementos químicos del cuerpo humano.



Figura 2. Maria Merian.

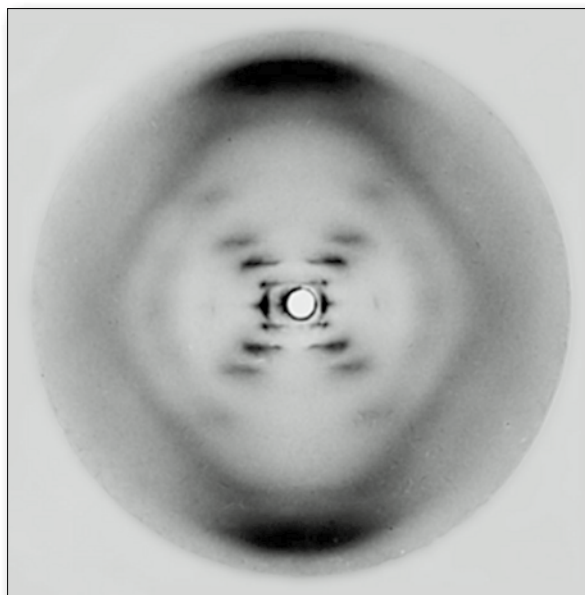


Figura 3. Placa fotográfica de difracción de Rayos X por el ADN realizada por Rosalind Franklin.

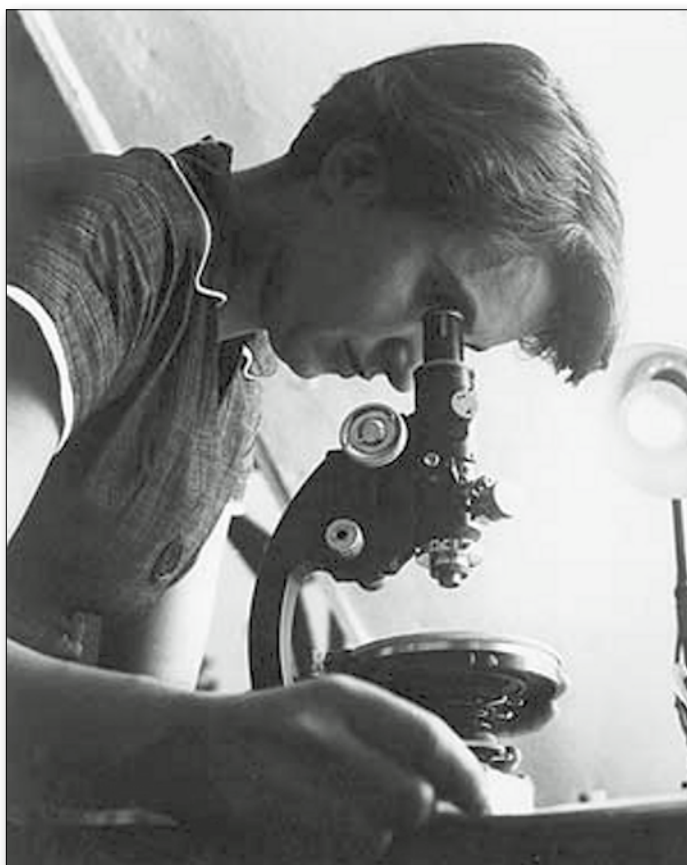


Figura 4. Rosalind Franklin.

Actividades de reestructuración

- g) Tras la visión del vídeo 1, se presentó en el aula la guía 1 para cumplimentar en pequeños grupos y en el aula virtual.

Guía 1

Estudio del vídeo *La célula. La química de la vida*

El vídeo está destinado a vuestros aprendizajes, no puede usarse directamente en un aula de EP. Excepto los apartados 1, 2 y 3, puedes realizar las actividades en el orden que quieras.

Trata de la historia de la célula, clave de la vida, paralelamente a la historia de la microscopía. Muestra que la ciencia no siempre avanza de manera lineal y acumulativa (algunas concepciones en desuso volvieron años después, para ser descartadas nuevamente). También muestra que muchos instrumentos científicos surgieron del ámbito artesanal y no del científico. Pone de manifiesto la interdisciplinariedad necesaria para la realización de estudios científicos.

En este vídeo no aparece ninguna científica, a pesar de que hubo muchas naturalistas destacadas en esa época como Maria Merian.

Las preguntas que se formulan pretenden ayudar en la indagación y en los debates.

1. Título, datos de producción y editoriales, lugar y fecha.
2. ¿Qué estudia el vídeo? ¿Qué periodo de tiempo abarca?
3. Elabora una secuencia de preguntas de investigación e interpretaciones en el periodo que estudia el vídeo.
4. Busca alguna referencia de las aportaciones de Holanda a la construcción de lentes anteriores a la época estudiada en el vídeo. ¿Qué pone de manifiesto esta circunstancia?
5. ¿Qué es la Royal Society? ¿Cuándo y dónde se fundó? ¿Qué significó dicha fundación para la ciencia? ¿Cuándo se permitió la entrada en ella a las mujeres?
6. ¿Cómo era el microscopio de Leeuwenhoek?
7. La interpretación de este comerciante de tejidos tiene bastante semejanza con alguna que habéis formulado. En lugar de «bichos», él hablaba de «animálculos». ¿Qué es lo que no fue capaz de interpretar? ¿Por qué?
8. Localiza la ciudad de Delft en un mapa de Holanda. En esa misma ciudad nació el pintor Vermeer. Indaga su relación con Leeuwenhoek. Escribe un comentario científico sobre los colorantes que usaba el pintor (Film: *La joven de la perla*).
9. ¿Quién era Maria Merian? ¿Qué aportaciones importantes hizo a la ciencia? Elabora su biografía científica de acuerdo con Álvarez-Lires, Nuño y Solsona (2003).
10. Fíjate en el concepto *generación espontánea* y observa cómo se vuelve a él cuando ya estaba obsoleto y, finalmente, es descartado. Explica este proceso y relaciónalo con los modelos científicos de la época y con su evolución.
11. Haz una aproximación, basándote en ejemplos cotidianos, al tamaño de una célula o de un protozoo.
12. ¿Cuáles son los elementos químicos fundamentales del cuerpo humano? ¿Y los de una célula?
14. ¿Cuáles son las funciones de una célula? ¿Cómo contribuyen a la vida de los seres vivos? ¿Pueden vivir aisladas? ¿Por qué?
15. ¿Existen seres unicelulares? ¿Cuáles?
16. ¿Cuántas células existen en un ser humano?
17. El vídeo desvela que un científico se apropió de los estudios y descubrimientos de otro. La historia de las ciencias está llena de apropiaciones indebidas. ¿Tiene algo que ver este hecho con la imagen estereotipada de desinterés, altruismo y servicio a la humanidad de quienes se dedican a la ciencia?
18. ¿Quién era Robert Hooke? ¿Con quién trabajó? ¿Cuál era su papel? ¿Cómo procedió cuando vio que sus observaciones no coincidían con las de Leeuwenhoek?
19. ¿Cuándo se comienza a hablar, oficialmente, de la vida sexual de las plantas? ¿Qué problemas planteaba en esa época?
20. ¿Cómo pensaban que se formaba un embrión humano en el siglo XVII? ¿Por qué crees que daban esa interpretación? ¿Cuándo se descubrió el óvulo? ¿Cómo te explicaron la fecundación del óvulo por el espermatozoide? ¿Responde a las actuales interpretaciones? ¿Qué papel juega el óvulo en la fecundación: activo o pasivo? Debes indagar sobre ello.
22. ¿Qué has aprendido y qué cuestiones debes seguir indagando? ¿Crees que este vídeo es un recurso didáctico interesante? ¿Por qué?
23. Fíjate en que el científico narrador utiliza una metodología transmisiva (explica y cuenta). ¿Hace lo mismo que si *explicara un tema*? ¿Cuáles son las diferencias? ¿Cómo explica la historia de la célula? ¿A través de qué?
24. ¿Trabajar en la ciencia en los siglos XVII, XVIII y parte del XIX significaba lo mismo que en el siglo XXI? ¿Cuáles te parecen las diferencias fundamentales?

- h) El alumnado realizó exposiciones en el aula y debates que mostraron sus representaciones, la persistencia de ideas previas, dificultades en trabajo colaborativo, en competencia lingüística, autoevaluación y conocimientos científicos, pero tuvieron la virtud de plantear preguntas, dudas y empezar a poner en cuestión sus modelos. El profesorado analizó, además, las producciones escritas del aula virtual y se efectuó una evaluación conjunta.
- i) Posteriormente al análisis del primer vídeo (guía 1), se realizó una salida a un humedal próximo –se situó el punto de toma de la muestra con Google Earth (figura 5)– y se recogió agua encharcada para su examen con lupas binoculares, microscopios ópticos y digitales, cuyo manejo aprendieron con ayuda de manuales on-line. Este apartado requiere un análisis, desde un enfoque de las salidas didácticas (Pujol, 2002) y los trabajos prácticos, que no se aborda en este artículo.

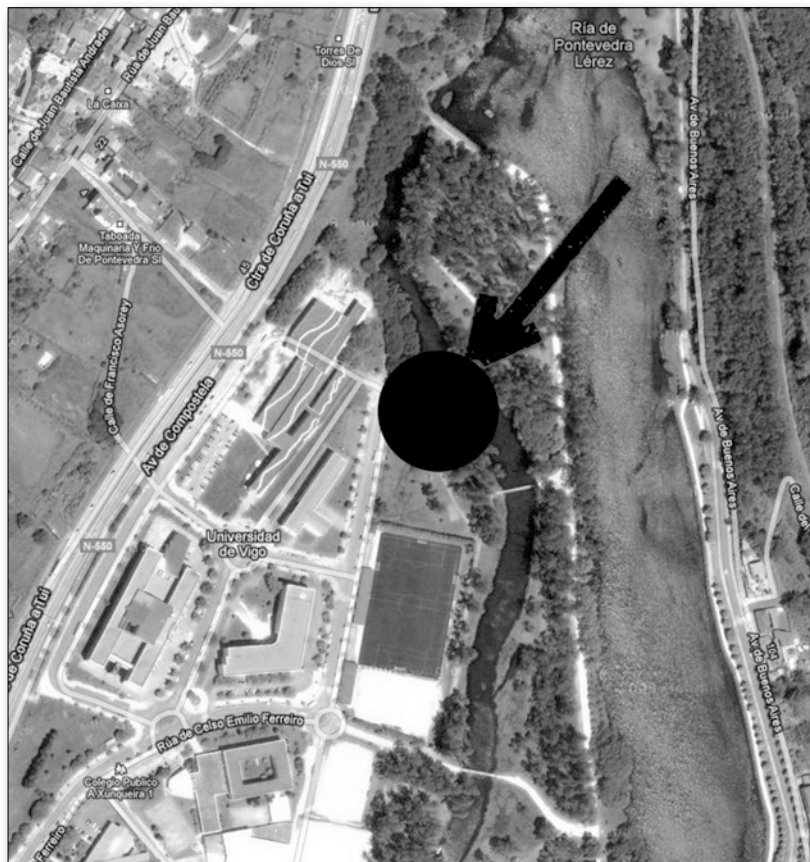


Figura 5. Lugar de toma de la muestra.

- j) En grupos, elaboraron bases de orientación del funcionamiento de los microscopios, identificaron microorganismos y observaron preparaciones celulares de tejidos, gotas de sangre y mucosa bucal –emulando a Lewenhoeck–, y también observaron e identificaron tejidos animales y vegetales. Se colocaron recursos multimedia en el aula virtual. Fotografiaron y dibujaron lo observado y subieron sus producciones escritas y audiovisuales, descriptivas e interpretativas, al aula virtual, de acuerdo con los criterios de evaluación establecidos (anexo). Se analizaron y se realizaron debates.

k) Se visionó el vídeo 2 y se procedió de idéntica manera que en el caso anterior.

Guía 2 Estudio del vídeo *El reino oculto*

El vídeo está destinado a vuestros aprendizajes, no puede usarse directamente en un aula de EP. Muestra la historia del ADN, partiendo del conocimiento elemental de la estructura de la célula. Aparecen distintos tipos de microscopios, los antiguos (semejantes a los que usamos en días pasados) y los digitales, que manejaréis los próximos días. Muestra que la HCT no avanza de manera lineal y acumulativa; hallazgos importantes se desconsideraron hasta mucho después y se observa el paso de la investigación individual a otra en equipo, aunque solo aparece la persona que dirige el grupo. Pone de manifiesto la interdisciplinariedad de los estudios científicos: trata de aspectos bioquímicos y no se habla de química o de biología separadamente. El descubrimiento del ADN aparece mezclado en un proyecto de armamento nuclear (interdisciplinariedad y factores externos que influyen en la construcción y producción de ciencia).

Aparece una científica notable, Rosalind Franklin, excluida del Nobel, y la apropiación de su trabajo por Watson y Crick.

Las preguntas que se formulan tienen como objetivo ayudar en la indagación y en los debates.

1. Título, datos de producción y editoriales, lugar y fecha.
2. ¿Qué estudia el vídeo? ¿De qué pregunta o preguntas parte?
3. Elabora una secuencia de preguntas de investigación y de su interpretación durante el periodo estudiado.
4. Sobre los experimentos de Tubinga (Alemania), explica qué es la pepsina y qué es una enzima. ¿Cuál era la finalidad de los experimentos? ¿Cuál fue el resultado?
5. Sobre los experimentos de Nápoles, ¿qué aspectos no fueron capaces de comprender? ¿Por qué? El equipo científico tuvo que costear las investigaciones construyendo un acuario público para recaudar fondos. No se permitía el acceso de las mujeres al acuario. ¿Por qué?
6. ¿Qué son los cromosomas y por qué reciben ese nombre? ¿Qué explican los cromosomas? ¿Cuál es su papel?
7. ¿Cuál fue la importancia de las aportaciones del equipo del profesor Morgan de Nueva York? ¿Cómo se llegó a ellas?
8. ¿Qué son los genes? ¿Cuál es su papel? ¿Cómo se estableció dicho papel?
9. Describe pormenorizadamente el descubrimiento del ADN, su estructura y papel en la *información de la vida*.
10. Elabora una biografía científica de Franklin según las *pautas indicadas*.
10. ¿Qué es el genoma humano? Comenta sus implicaciones.
11. Si todas las células de un ser vivo tienen el mismo ADN, ¿cómo son capaces de especializarse?
12. ¿Qué son los interruptores genéticos? ¿Son iguales o diferentes según las especies? ¿Qué ponen de manifiesto?
13. ¿Qué preguntas deja en el aire el vídeo? ¿Cómo se puede avanzar a partir de ellas?

- l) Se solicitó que elaborasen un modelo para explicar cómo están formados los seres vivos y cómo funcionan. Para ello se introdujeron los mapas conceptuales y la herramienta Cmap Tools. Elaboraron en grupos un mapa conceptual, *Los seres vivos*, para lo cual se proporcionaron textos (Sanmartí, 2002; Pujol, 2007; Garrido et al., 2008). Se analizaron los mapas conceptuales, que requirieron varias reestructuraciones.
- ll) En grupos cooperativos y con la estrategia del rompecabezas, se relacionó lo trabajado en la experiencia con los elementos del currículo de EP y se extrajeron conclusiones para la fase siguiente.

Una rúbrica ayudó en la valoración global de lo realizado y permitió una puesta en común final con el alumnado

Actividades de aplicación (en fase de elaboración)

- m) El alumnado debe:
 - Elaborar una guía para análisis del vídeo 3 *The Spark of Life*.
 - Diseñar –pues ya conocen este enfoque metodológico– y evaluar un proyecto (Arias et al., 2009) relacionado con los seres vivos que contribuya a desarrollar competencias básicas en las aulas de EP. Para ello se proporcionaron recursos on-line, se realizaron actividades sobre competencias docentes y básicas, se simuló un proyecto en el aula (taller) y se analizó y, posteriormente, se seleccionaron centros de interés.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Cuando el alumnado tiene que afrontar tareas autónomas, mediadas por el profesorado, su primera reacción es de sorpresa, desconcierto e incluso rechazo. En el transcurso de la experiencia, algunas concepciones cambian, pero otras persisten, lo cual influye en los aprendizajes. También se aprecian aspectos afectivos: «A veces nos sentimos mal porque no sabemos responder a lo que preguntáis y entonces hacéis más preguntas para ayudarnos y tampoco sabemos responder». La evolución de sus ideas previas durante el proceso se puede constatar en los párrafos siguientes.

El proceso de convencimiento de que la construcción de los propios aprendizajes es mucho más útil que el aprendizaje por repetición del modelo transmisivo requiere que se establezca una cierta empatía y que el profesorado sea accesible y esté dispuesto a resolver dudas, a reconducir procesos y a debatir con el alumnado cuestiones –pertinentes– que surjan en clase o en el aula virtual y, sobre todo, a convencerle en la práctica de que solo se aprende con la acción.

En el análisis de sus producciones escritas se detecta una mayor conciencia de lo que están aprendiendo, de lo que les falta por aprender y de las dificultades que tienen para ello, sobre todo para su aplicación y aprender haciendo (aprender a aprender), pero estas reflexiones no son mayoritarias; rozan el 50% y se manifiestan de diferentes formas. No son conscientes de la necesidad de utilizar modelos científicos –si no se solicita–, aunque ya aparece la «necesidad de interpretar fenómenos». Se presenta un resumen de las dimensiones analizadas (tabla 2).

Tabla 2.
Evolución de las ideas previas

Consideraciones generales sobre metodología	Estamos aprendiendo a pensar. Enseñanza y aprendizaje son procesos relacionados pero diferentes. Nuestros modelos son los tradicionales y resulta difícil adaptarse a este nuevo método. Estos aprendizajes y esta metodología me van a servir en el futuro.
Competencias clave y docentes	Estamos aprendiendo a identificarlas y analizarlas, pero queremos saber cómo se aplican y cómo se evalúan. Es difícil seleccionar información y valorarla con espíritu crítico.
Conocimiento y uso de recursos didácticos	Existen muchos recursos multimedia. Solo habíamos visto vídeos para hacer un resumen o después de un tema ya explicado. Así resulta complicado pero interesante. ¿Dónde se puede buscar información si los libros de texto contienen errores e Internet también? Salvo excepciones, los únicos recursos multimedia del repositorio utilizados fueron los vídeos objeto de estudio.

Evaluación	Nuestra idea sobre evaluación identificada con examen y calificación está cambiando.
HCT	Nunca nos habían «contado» así la HCT. Ha resultado muy difícil la identificación de preguntas de investigación e interpretar las observaciones. No habíamos visto cómo se «hace» ciencia. No sabíamos que existiesen tantas mujeres científicas. A veces se retrocede (generación espontánea).
Interdisciplinariedad	Habíamos estudiado la célula en biología y los elementos en química. Nunca habíamos pensado en una relación entre ambas disciplinas.
Enseñanza y aprendizaje de las ciencias modelos	Hacemos cosas nuevas e interesantes. Nunca o casi nunca habíamos ido a un laboratorio. No habíamos manejado microscopios ni materiales. Tenemos que aprender a interpretar fenómenos. No sabemos ciencias. ¿Por dónde empezamos, profe? ¿Cómo surge la vida?
Competencia lingüística	Tenemos dificultades para justificar y argumentar lo que queremos decir.
Trabajo en colaboración	No tenemos hábitos de trabajo en equipo y cuesta adquirirlos.
Usos de las TIC	Google Earth y Maps. Vídeos como recurso. Tenemos muchas dificultades para usar los foros de debate. Preferimos reunirnos presencialmente. Nunca habíamos incluido fotos del trabajo ni vídeos o audios de debates.

Pero, junto a esto, en una parte importante del alumnado, persisten ideas previas y omisiones, que se detectan en debates y producciones escritas:

Tabla 3.
Ideas previas persistentes y omisiones

Consideraciones generales sobre metodología, enseñanza y aprendizaje de las ciencias	Esto es un «rollo». Todo muy bonito pero la realidad de los centros es otra: libros de texto o fichas. Este método es muy lento: pueden quedar conceptos sin «dar». El alumnado de primaria tiene que aprender el «temario». Explicamos el «tema». ¿Por qué no hacéis lo mismo que el resto: explicar temas, dar apuntes, hacer exámenes y calificar? Así sabríamos las respuestas «correctas». Soy de «letras» y no sé nada de esto.
Competencias clave y docentes	Habíamos aprendido a programar con taxonomías de Bloom y ahora venís con las competencias y nos hacemos un lío.
HCT, interdisciplinariedad, trabajo en equipo, evaluación, justificaciones y argumentaciones, uso de las TIC y de recursos	No se mencionan.

Hemos iniciado el camino para que el alumnado aborde la explicación de fenómenos mediante modelos que no conocían al comienzo del proceso. En este sentido, a expensas de un análisis en profundidad, los primeros mapas conceptuales elaborados muestran dificultades de relación entre conocimientos, de jerarquización, de distinción de lo relevante, de competencia lingüística para elaborar proposiciones y de falta de bagaje científico. Su reestructuración está resultando compleja.

La HCT, entendida como proceso de reestructuraciones, como actividad humana y social y no como algo inmutable, choca con sus concepciones de ciencia y ha propiciado la reflexión, la mejora de la competencia lingüística, la actualización de bagaje científico y la identificación de preguntas, problemas y modelos.

Se han puesto en cuestión sus concepciones metodológicas sobre la enseñanza de las ciencias y sobre el significado de evaluación, aunque aquellas se alejan todavía de la autorregulación.

Se ha realizado una aproximación a las competencias científicas docentes y, a través del diseño de proyectos, se ha ejemplificado un método para desarrollar competencias básicas en EP.

La investigación en curso muestra las dificultades existentes para realizar un cambio de modelo docente desde la DCE en exclusiva, lo que conduce a la necesaria coordinación de los equipos docentes (Bolívar, 2009). En la misma línea, se desvela una realidad compleja y sistémica, en la que las competencias científicas interaccionan con otras muchas y es necesario conocer el punto de partida del alumnado e incidir en aspectos metodológicos para desarrollarlas.

Tenemos el convencimiento de haber provocado un conflicto cognitivo y afectivo en el alumnado y, a veces, en el propio equipo investigador. A partir de ello, pretendemos que aquel construya conocimiento desde su realidad y se lo hacemos saber.

Para ello, hemos abordado un proceso de recapitulación de lo aprendido, evaluación de puntos fuertes y débiles, y actividades de aplicación (proyectos) para conseguir que el alumnado sea capaz de diseñar y evaluar tareas complejas autónomamente para desarrollar competencias docentes, científicas en particular, que podrá experimentar cuando realice las prácticas en centros educativos.

Los resultados, preliminares, ponen de manifiesto la posibilidad de caminar hacia el desarrollo y la consecución de las competencias docentes que los estudios de grado y el actual marco legislativo demandan. La DCE y la HCT pueden y deben contribuir a dicho proceso.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación código EDU2009-13890-C02-01.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ LIRES, M. (1999). L'Histoire des Sciences et des Techniques dans la Formation du Professeur. En Debru, C. (ed.). *History of Science and Technology in Education and Training in Europe*. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities, pp. 261-263.
- ÁLVAREZ LIRES, M. (2010). *La Formación y el Desarrollo profesional de los profesores de ciencias: Retos y desafíos de un mundo en transformación*. Conferencia impartida en el Taller Internacional Promoviendo Cultura Científica para los Desafíos de un Mundo en Transformación, UPC: Santiago de Chile (Chile).
- ÁLVAREZ LIRES, M., NUÑO, T. y SOLSONA, N. (2003). *Las científicas y su historia en el aula*. Madrid: Síntesis.
- ÁLVAREZ LIRES, M., SERRALLÉ, J.F., PÉREZ, U. y ÁLVAREZ LIRES, F.J. (2010). Educación científica, género y desarrollo sostenible. *Revista de Investigación en Educación*, 8, pp. 62-72.
- ANGULO, F. (2003). *Un modelo didáctico para la formación inicial del profesorado de ciencias*. Tesis de doctorado. Bellaterra (Barcelona): UAB.
- ARIAS CORREA, A. et al. (2009). *O traballo por proxectos en infantil, primaria e secundaria*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia.

- ARIAS CORREA, A. et al. (2011). Concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en alumnado de Magisterio. ¿Cómo mediar en el desarrollo de competencias científicas? *Educación XXI*, manuscrito enviado pendiente de aceptación.
- AUDIGIER y FILLON (1992). *Enseigner l'histoire des sciences et des techniques*. INP: París.
- BOLÍVAR, A. (2009). *Diseñar e avaliar por competencias na universidade. O EEES como reto*. Vigo: Vicerreitoría de Formación e Innovación Educativa, Universidade de Vigo
- BONIL, J. y MARQUEZ, C. (2009). ¿Qué experiencias manifiestan los futuros maestros sobre las clases de ciencias? Implicaciones para su formación. *Revista de Educación*, 354, pp. 447-472.
- BRAVO, B., PUIG, B. y JIMÉNEZ, M.P. (2009). Competencias en el uso de pruebas en argumentación. *Educación Química*, 20(2), pp. 42-48.
- CHINN, C. y MALHOTRA, B. (2002). Epistemologically authentic Inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, pp. 175-218.
- COLL, C. (2007). Las competencias en la educación escolar: algo más que una moda y mucho menos que un remedio. *Aula de Innovación Educativa*, 161, pp. 34-39.
- COOK, T.D. y REICHARDT, CH. (2005). *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa*. Madrid: Morata
- CORTÉS, A. y DE LA GÁNDARA, M. (2006). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: una experiencia didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), pp. 435-450.
- DE LA CRUZ, A. (2003). El proceso de convergencia europea: ocasión para modernizar la universidad española si se produce un cambio de mentalidad en gestores, profesores y estudiantes. *Aula Abierta*, 82, pp. 191-216.
- ELLIOT, J. (1990). *La investigación-acción en educación*. Madrid: Morata.
- ERDURAN, S. y JIMÉNEZ, M. P. (eds.) (2007). *Argumentation in Science Education*. Dordrecht: Springer.
- FERNÁNDEZ, J., ELÓRTEGUI, N. y MEDINA, M. (2002). Formación de profesorado de Ciencias de la Naturaleza, de Educación Secundaria, a partir de sus ideas previas. *Investigación en la Escuela*, 47, pp. 65-74.
- GARRIDO, J. M. et al. (2008). *Ciencia para educadores*. Madrid: Pearson.
- GARRITZ, A. (2010). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados. *Enseñanza de las ciencias*, 28(3), pp. 315-326.
- GIL, D. y VILCHES, A. (2008). Que deben saber e saber hacer os profesores universitarios? En VV.AA. *Novos enfoques no ensino universitario*. Vigo: Universidade de Vigo, pp. 25-43.
- GIROUX, H.A. (1990). *Los profesores como intelectuales. Hacia una pedagogía crítica del aprendizaje*. Barcelona: Paidós/MEC.
- IZQUIERDO, M. (1997). ¿Qué sabemos actualmente sobre la construcción del conocimiento? En Álvarez Lires, M. y Pérez Mariño, M. (coords.). *O Ensino da Química*. Vigo: Universidade de Vigo, pp. 1-24.
- IZQUIERDO, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las Ciencias Sociales*, 6, pp. 125-138.
- IZQUIERDO, M. et al. (1995). *Col·lecció Ciències 12/16*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- IZQUIERDO, M. et al. (2004). Ciencia escolar y complejidad. *Investigación en la escuela*, 53, pp. 21-29.
- IZQUIERDO, M. et al. (2009). *Guia per a l'avaluació de la competència Científica a ciències, matemàtiques i tecnologia*. Barcelona: Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya.
- 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*, n.º extra, pp. 79-92.
- JIMÉNEZ, M.P. (1996). *Dubidar para aprender*. Vigo: Edicións Xerais de Galicia.

- JIMÉNEZ, M.P. (2000). Modelos didácticos. En Perales, F.J. y Cañal, P. (dirs.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil, pp. 165-186.
- JIMÉNEZ, M.P. (2010). *Ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- JORBA, J. y SANMARTÍ, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua*. Madrid: MEC.
- KRIPPENDORFF, K (1990). *Metodología del análisis de contenido. Teoría y Práctica*. Barcelona: Paidós Ibérica, S.A.
- KOUMI, J. (2006). *Designing Video and Multimedia for Open and Flexible Learning*. Londres: Routledge.
- MARCHESI, A. (2006). El informe PISA y la política educativa en España. *Revista de Educación*, n.º extra, pp. 337-355.
- MARTÍN, E. (2008). *Los retos de la escuela pública*. Ponencia presentada en las Jornadas Sarean, Eibar (España).
- MASSON, S. y VÁZQUEZ-ABAD, J. (2006). Integrating History of Science in Science Education through Historical Microworlds to Promote Conceptual Change. *Journal of Science Education and Technology*, 15 (3), pp. 257-268.
- MAYER, R.E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Nueva York: Cambridge University Press.
- MONEREO, C. y POZO, J.I. (2007). Competencias básicas. Competencias para (con)vivir con el siglo XXI. *Cuadernos de Pedagogía*, 370, pp. 12-18.
- MORALES, P. (2010). Investigación e innovación educativa. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8, pp. 48-73.
- NUFFIELD FOUNDATION (2008). *Informe Nuffield*. Disponible en línea: <<http://www.nuffieldfoundation.org/>>.
- PÉREZ RODRÍGUEZ, U. y ÁLVAREZ LIRES, M. (2006). La evolución histórica del conocimiento del universo en los libros de texto de 1.º de ESO. *Revista de Investigación en Educación*, 3, pp. 133-151.
- PÉREZ RODRÍGUEZ, U., ÁLVAREZ LIRES, M. y SERRALLÉ, J. F. (2009a). Utilización de textos históricos y TIC en la enseñanza de la Astronomía: ¿la evidencia de los sentidos corrobora realmente que la Tierra es esférica? *Alambique*, 61, pp. 57-64.
- PÉREZ RODRÍGUEZ, U., ÁLVAREZ LIRES, M. y SERRALLÉ, J. F. (2009b). Los errores de los libros de texto de Primer Curso de ESO sobre la evolución histórica del conocimiento del universo. *Enseñanza de las Ciencias*, 27 (1), pp. 109-120.
- PÉREZ RODRÍGUEZ, U., PÉREZ, I. y ÁLVAREZ LIRES, M. (2007). Novas tecnoloxías e ensinanza da Astronomía: explorando o sistema solar e simulando fenómenos astronómicos sinxelos en 1.º de ESO. *Revista de Investigación en Educación*, 4, pp. 22-35.
- PERRENOUD, Ph. (2004). *Diez nuevas competencias para enseñar*. Barcelona: Graó.
- PORTA, L., MARÍN, A. y CASADO, C. (2007). *Uso didáctico del vídeo en la web: potencialidades y requerimientos tecnológicos*. Actas del IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables. Bilbao.
- PUJOL, R.M. (2001). Las ciencias, más que nunca, pueden ser una herramienta para formar ciudadanos y ciudadanas. *Perspectiva escolar*, 257, pp. 2-7.
- PUJOL, R.M. (2007). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Síntesis Educación.
- PUJOL, R.M. (2008). *Pensar en la escuela primaria para pensar en la formación de su profesorado, desde la DCE, en el marco del nuevo grado*. XXIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Almería (España).
- QUINTANILLA, M. (2006). La ciencia en la escuela: un saber fascinante para aprender a «leer el mundo». *Revista Pensamiento Educativo*, 39(2), pp. 177-204.

- RAVANAL, E., JOGLAR, C., QUINTANILLA, M. y LABARRERE, A. (2009). *Noción sobre enseñanza de las ciencias en profesores de biología en activo y sus implicancias en el desarrollo de competencias de pensamiento científico*. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis (Brasil).
- SANGRÀ, A. (2002). A new learning model for the information and knowledge society: The case of the UOC. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 2(2), pp. 1-19.
- SANGRÀ, A. (coord.). (2008). *Os materiais de aprendizagem em contextos educativos virtuais. Pautas para o design tecnopedagógico*. Vigo: Vicerreitoría de Formación e Innovación Educativa, Universidade de Vigo.
- SANMARTÍ, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis Educación.
- SANMARTÍ *et al.* (2009). Argumentación en clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, n.º extra, VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona, pp. 1722-1727.
- SARDÁ, A. y SANMARTÍ, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: Un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), pp. 405-422.
- SCHÖN, D.A. (1992). *La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje de las profesiones*. Barcelona: Paidós/MEC.
- SCHULMAN, L. S. (2004). *Teaching as community property: Essays on higher education*. S. Francisco: Jossey-Bass.
- VV. AA. (2006). *Informe Rocard*. Disponible en línea: <http://www.oei.es/salactsi/Informe_Rocard.pdf>.
- VV. AA. Proxecto DeSeCo (Definition and Selection of key Competences). Executiv Summary. Disponible en línea: <<http://www.deseco.admin.ch>>.
- ZABALZA, M.A. (2008). *Competencias docentes do profesorado universitario. Calidade e desenvolvemento profesional*. Vigo: Universidade de Vigo.

ANEXOS

<i>Criterios de evaluación (rúbrica)</i>
<p>Presenta actividades completas. Utiliza una expresión clara y correcta. Realiza aportaciones originales y coherentes con lo que se pretende en la actividad. Recoge los debates del grupo de trabajo y del aula. Reflexiona sobre lo que ha aprendido, las dificultades y ventajas encontradas en el trabajo en grupo, y explicita dudas. Enuncia lo que falta por aprender y formula propuestas de continuidad y de mejora. Establece relaciones significativas entre conocimientos científicos (avanza en el modelo). Indica las competencias docentes que se propician en la realización de la actividad. Indica las competencias básicas a cuyo desarrollo se contribuye en la realización de la actividad. Justifica y argumenta sus respuestas y aportaciones.</p>

<i>Escala de valoración</i>				
[0]	[1]	[2]	[3]	[4]
No realiza la tarea	Las aportaciones a las tareas son poco significativas	Desarrolla algo las tareas de forma aislada	Desarrolla bastante las tareas y establece relaciones significativas	Documenta, fundamenta, justifica y argumenta sus respuestas de forma coherente

DEVELOPING SCIENTIFIC COMPETENCES THROUGH THE HISTORY OF SCIENCE

María Álvarez Lires

lires@uvigo.es

Uxío Pérez Rodríguez

uxio.perez@uvigo.es

Azucena Arias Correa

azucena@uvigo.es

J. Francisco Serrallé Marzoa

jfserralle@uvigo.es

Facultade de Ciencias da Educación e do Deporte, Universidade de Vigo

This paper presents a research-innovation experience developed in Experimental Sciences (ES) in Second Degree Course in Teacher Training in Early Childhood Education. This training activity was aimed at developing scientific competences by introducing the History of Science and Technology (HST). To this end, we analyzed physical and virtual productions of the students, concerning to previous conceptions about:

- The nature of science
- Teaching methodologies
- Collaborative blended learning

Grade students shall understand the principles and the fundamental laws of the ES, they shall know the school curriculum, they shall develop and evaluate contents through didactic resources and they shall acquire competences to teach. Science Education (SE) shall also contribute to learn to manage the classroom, to impulse the innovation, to take up the stance in regard to the social problems and to build relationships with institutions; to interpret phenomena, to ask and search data; to organize the classroom for sharing experiences, to build knowledge and to interpret models increasingly complex through actions and to stop thinking in “themes” (Pujol, 2008). It must be taught to think, to speak, to do, to manage by oneself and to work together (Pujol, 2007), because Sciences is a task that is evaluated, it is made in group and it must be able to report (Izquierdo, 2007).

HST has been introduced to contribute to acquire knowledge, to motivate students, to show scientific-humanistic aspects, to develop scientific competences and to reduce school failure (Jiménez-Aleixandre, 1996; Izquierdo, 1997; Quintanilla et al., 2005; Pérez-Rodríguez et al., 2009).

a) Through KPSI questionnaires and debates it was found that science was seen as a set of laws, theories and discoveries that lead to the truth by “the scientific method”. This showed that there were a declarative knowledge of the structure and functions of a cell, atom model, remarkable scientific, and Marie Curie, but their descriptions showed ignorance on these issues and current topics.

Only 17% of students had seen “chemical materials” or “preparations under the microscope”. They did not relate their learning with the curriculum of ES, their experience of workgroups was to “divide and then unite pieces”, their knowledge of HST was limited to “bits of biographies of scientists”; the relations between STS and Gender were absent. Their teaching resources were textbooks and the Internet.

b) The module Chemistry of Life was designed in agreement with Pujol (2008) who affirms that the choice of a model of school science involves deciding the models to consider in the initial formation of teachers: living creatures, energy, matter/chemical change and earth/universe.

In the absence of teaching materials HST (Álvarez-Lires, 1999), we chose the series The Cell, which includes three historic-scientists videos, from the BBC-Scotland (2009): The Chemistry of Life, The Hidden Kingdom and The Spark of Life.

c) Preconceptions about Sciences and its teaching were detected (Arias-Correa et al., 2011), through exploration activities, lack of key competences and professional skills were found. It was also found that only 10% of students had studied higher certificate in Sciences. Activities of introduction and structuring were designed (Jorba and Sanmartí, 1996).

d) Learning objectives and evaluation criteria were communicated.

e) The first video was analyzed and there was a field trip to a wetland to collect puddle water, the samples were examined with optical and digital microscopes, whose management they learned with the help of on-line manuals. Google Earth was also used.

The second video was analyzed. Physical and virtual productions were analyzed.

The students, accustomed to the repetitive pattern, had to face tasks by themselves and they reacted with embarrassment or rejection. Cognitive and affective conflict was provoked in order to build knowledge and they were informed about that.

To convince them that the construction of learning in action is more useful than the repetitive learning and to break the identification of evaluation with exams and grades, it is necessary that the teachers solve doubts, redirect processes and debate pertinent questions to arise throughout the action.

A systematic reality was revealed: the scientific competences interact with others and it is necessary knowing the starting point of the students and influencing in very diverse aspects in order to develop them.

Some conceptions have changed and others have persisted. In the analysis of their productions (50%) it has been detected that they are more aware of what they are learning, what it is left to learn and their difficulties to apply the learnt things.

They are still not aware of the need to use scientific models, but the need to “interpret phenomena” appears. That interpretation started through ad hoc activities.

The results show that it is possible to develop teaching skills and scientific competences demanded by degree studies. To achieve this, it is necessary to recapitulate what has been learned, assess strengths and weaknesses, propose restructuring activities and implementation as well as designing and evaluating tasks autonomously. SE and HST can and shall contribute to this.

noticias
