



¡Ha desaparecido un ratón! ¿Nos ayudáis a buscar al culpable? Análisis del impacto didáctico y emocional de un encargo ficticio

A mouse has disappeared! Do you help us to find the guilty?
Analysis of educational and emotional impact
of a simulated mission

Mar Carrió, Marcel Costa

*Grupo de Investigación Educativa en Ciencias de la Salud, Departamento de Ciencias Experimentales y de la Salud,
Universidad Pompeu Fabra, Barcelona, España*
mar.carrio@upf.edu, mcostal@xtec.cat

RESUMEN • Se analiza el impacto didáctico y emocional de la contextualización de los contenidos de un curso de verano de biología molecular. Se propuso a tres grupos de estudiantes de educación secundaria un encargo ficticio. Consistía en descubrir al culpable del robo de un ratón de laboratorio a partir del análisis de muestras biológicas encontradas en el lugar de la desaparición. Resolver el caso requería diseñar experimentos, aplicar técnicas básicas de biología molecular, analizar los resultados y preparar una comunicación científica. Se valoró el aprendizaje de 20 conceptos clave de biología molecular al inicio y al final del curso, lo que demostró la efectividad didáctica de este tipo de contextos. Además, se evidenció que el alumnado mejoró su percepción sobre la naturaleza de la ciencia y que se generaron emociones positivas.

PALABRAS CLAVE: contextualización; encargo; biología molecular; naturaleza de la ciencia; emociones.

ABSTRACT • Educational and emotional impact of contents contextualization of a summer course in molecular biology is analyzed. A simulated mission of discovering the guilty of stealing a laboratory mouse from biological samples was proposed to three groups of high school students. Solving the case required to design experiments, apply basic molecular biology techniques, analyze data and prepare a scientific communication. The level of 20 key concepts of molecular biology learning was assessed at the beginning and at the end of the course, demonstrating the effectiveness of this teaching approach. Moreover, the students' improvement on their vision of the nature of science was evidenced and positive emotions were generated.

KEYWORDS: contextualization; task; molecular biology; learning; emotions.

Recepción: octubre 2016 • Aceptación: junio 2017 • Publicación: noviembre 2017

Carrió, M., Costa, M., (2017) ¡Ha desaparecido un ratón! ¿Nos ayudáis a buscar al culpable? Análisis del impacto didáctico y emocional de un encargo ficticio. *Enseñanza de las Ciencias*, 35.3, pp. 151-173

INTRODUCCIÓN

Marco teórico

Contextualización

La contextualización de los contenidos es una metodología ampliamente reconocida como promotora de los aprendizajes. Consiste en enmarcar las actividades didácticas en situaciones reales o verosímiles que plantean problemas, conflictos, polémicas o encargos a los alumnos.

La contextualización puede enfocarse en dos sentidos: partir de los contenidos para poder interpretar y resolver el contexto, o partir del contexto para introducir y desarrollar los contenidos (Caamaño, 2005). Esta segunda opción ha sido ampliamente propuesta en las reformas curriculares de diversos países, ya que es la que otorga sentido, utilidad y significatividad a los contenidos (Campbell, 1994; Kortland, 2007; Reiss, 2000; Bulter, 2006; King y Ritchie, 2012).

Los conceptos científicos surgen a partir de situaciones problemáticas que la comunidad de investigadores intenta resolver. Por este motivo, cobran mucho más sentido para el alumnado si deben aplicarlos a la resolución de contextos que simulen este tipo de situaciones (Chamizo y Izquierdo, 2005).

En los métodos de aprendizaje basados en contextos, el contexto se refiere al análisis de una situación o problema complejo, relevante socialmente y del entorno del alumnado, que se trabaja durante un periodo de tiempo largo. A partir de su estudio se van modelizando los conceptos clave necesarios para comprenderlo y, simultáneamente, se aprende sobre el tipo de situación (Sanmartí, 2010).

Claxton (1994) afirma que la transferencia de los contenidos escolares al mundo real por parte del alumnado es mayor cuanto mayor sea la similitud entre las situaciones en que se aprenden y aquellas en las que estos contenidos son útiles en el mundo real. En este sentido, Sanmartí (2011) destaca el uso de contextos como una de las estrategias para incrementar esta transferencia.

Este planteamiento didáctico tiene una estrecha relación con el enfoque competencial de los aprendizajes que desde hace años se propone y evalúa a nivel internacional. La definición de la competencia científica que hace el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE PISA (2006) permite visualizar claramente esta estrecha relación: «desarrollar la capacidad de utilizar el conocimiento científico para identificar problemas, adquirir conocimientos y extraer conclusiones basadas en pruebas, sobre cuestiones relacionadas con la ciencia».

La evaluación de esta competencia a partir de contextos reales o de gran verosimilitud que plantea PISA debe tener importantes implicaciones en la forma como se plantean los aprendizajes de los contenidos científicos (Fensham, 2009).

Efectivamente, son numerosos los proyectos curriculares de ciencias que se basan en la contextualización, como «ciencia para el s. XXI» (Burden, 2005) o el Salters-Nuffield (Hall *et al.*, 2003), el cual ha sido adaptado (Lope, 2005) y aplicado en algunos centros de Catalunya, con un elevado grado de satisfacción por parte del profesorado (Lope, 2009).

La contextualización puede llevarse a cabo sobre diferentes tipos de escenarios (Grau, 2010), uno de los cuales son los encargos, la tipología que hemos utilizado en este estudio. Los encargos consisten en propuestas que reciben los estudiantes, generalmente procedentes de fuera del contexto escolar. En ellos se les pide la realización de algún servicio o el diseño y/o desarrollo de un determinado producto. En nuestro caso, el encargo procedía del propio centro de investigación donde se realizaba el curso (Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona, PRBB).

El estudio del uso de encargos ficticios como contexto de aprendizaje no ha sido encontrado en la literatura. La tipología más similar sobre la cual hemos encontrado algún tipo de investigación didáctica son los juegos de rol. Se trata de contextos que facilitan el aprendizaje (Cronin-Jones, 2000) y son motivadores para el alumnado (Grande del Prado, 2010). También fomentan la participación y la

reflexión crítica (Badia, 2012) y consiguen un binomio que no siempre es fácil, consistente en aprender y divertirse a la vez (de Manuel, 1993). Esta última cita bibliográfica destaca también un detalle importante, que es la atracción que los adolescentes sienten por emular papeles de adultos, detalle que los predispone a participar y a implicarse ante una propuesta de juego de rol.

El papel de las emociones en el proceso de aprendizaje

Además de existir evidencias de que la contextualización favorece al aprendizaje, también se encuentran numerosos estudios que destacan el papel de las emociones en el proceso de aprendizaje (Otero, 2006; Abrahams, 2009; Marbà y Márquez, 2010; Ritchie, Tobin, Hudson, Roth, Megard, 2011; Marchan, 2015; Sanmartí, 2015). Existe una gran coincidencia en todos estos referentes bibliográficos en relación con la importancia de tener en cuenta los aspectos emocionales y, en especial, el fomento de las percepciones positivas sobre el proceso de aprendizaje por parte del alumnado.

Recientemente, los avances de la neurobiología han aportado evidencias que corroboran estos estudios didácticos. Se afirma que la vinculación entre emociones y aprendizaje es tan estrecha que solamente se puede aprender aquello que nos ha generado algún tipo de emoción (Mora, 2013). Por este motivo, el ambiente social y educativo en el que se desarrolla un individuo, dependiendo de las emociones que genere, puede facilitar u obstaculizar el aprendizaje de conceptos y procedimientos (Bueno, 2016). Este tipo de interacciones son posibles gracias a la extraordinaria plasticidad neural de nuestro cerebro, una de las relevantes y complejas conclusiones de la neurobiología actual.

La consideración de los aspectos emocionales en cualquier proceso de aprendizaje, que, como hemos visto, ha sido claramente corroborado por la neurobiología, se basa en la aplicación de los diferentes aspectos de lo que Goleman (1996) denominó inteligencia emocional. Básicamente consiste en la creación y el fomento de un clima agradable y emocionalmente saludable en las aulas que predisponga positivamente a los estudiantes.

Esta descripción a nivel general incluye aspectos muy diversos: la aceptación y el respeto de la totalidad del alumnado, que facilita la sensación de seguridad y responsabilidad (Pickens, 2009), la valoración del esfuerzo y del éxito (Keller, 2010) y la consideración de los intereses y motivaciones de los alumnos para el planteamiento de contextos donde enmarcar los contenidos que se deban trabajar (Sanmartí, 1997).

Naturaleza de la ciencia

Otro aspecto clave de los contenidos y procedimientos que se tratan con la propuesta didáctica que se presenta hace referencia a la naturaleza de la ciencia. Este aspecto se refiere al conocimiento y análisis de la construcción de conocimientos por parte de la comunidad científica para interpretar hechos y fenómenos, y resolver problemas que la sociedad tiene planteados, así como los procesos de validación y cambio de estos conocimientos a partir de nuevos datos. Este aspecto de la didáctica de las ciencias se visualiza con claridad en el segundo fragmento de la definición de la competencia científica que hace PISA (2006): «Además comporta la comprensión de las características de la ciencia, entendida como una forma de conocimiento e investigación humanas, la percepción de cómo la ciencia y la tecnología conforman nuestro entorno material, intelectual y cultural, y las ideas sobre la ciencia como ciudadano reflexivo».

De este modo, existe el consenso de que el conocimiento de la naturaleza de la ciencia, si bien comporta ciertas simplificaciones y matizaciones propias de la trasposición didáctica (Taber, 2008), constituye una parte esencial de la alfabetización científica, en especial, en relación con la participación en la toma de decisiones técnico-científicas en las sociedades democráticas (Acevedo, 2009).

A pesar de este consenso y de las recomendaciones en este sentido de las instituciones responsables de la educación de muchos países, diversos estudios demuestran la escasa familiarización de los estudiantes, incluso de niveles universitarios, con las características del trabajo científico. Este hecho comporta que muchos estudiantes, incluso algunos docentes, tengan las visiones simples e ingenuas de la ciencia que predominan en la sociedad (Fernández, Carrascosa, Cachapuz y Paria, 2002; Manassero y Vázquez, 2008). Probablemente derivado de esta problemática, se constata que las actitudes positivas de los estudiantes en relación con la ciencia, en especial la que se enmarca en el contexto escolar, vayan disminuyendo con la edad (Manassero y Vázquez, 2008).

Para hacer frente a esta importante laguna en la alfabetización científica del alumnado se han analizado las oportunidades que ofrecen los currículos escolares, así como las propuestas para su inclusión en los materiales didácticos que se elaboren (Caamaño, 1996). De las diversas opciones posibles, el mayor consenso indica como más convenientes los enfoques explícitos (Acevedo, 2009), en los cuales no solamente se trata la naturaleza de la ciencia, sino que también implican un proceso de reflexión sobre los aspectos trabajados. En este sentido, las actividades prácticas y, en especial, las pequeñas (o grandes) investigaciones que pueden llevarse a cabo en el contexto escolar, ofrecen las mejores oportunidades de integrar, sin consumir más tiempo ni desviarse de la temática tratada, la naturaleza de la ciencia en las actividades didácticas (García-Carmona, 2012).

Cuestiones sociocientíficas

En general, las cuestiones sociocientíficas pueden definirse como aquellas situaciones donde problemas o asuntos que afectan a la sociedad tienen vinculación con conceptos o procesos científicos que están relacionados con aspectos morales, éticos, de valores o de costes (Sadler, Barab y Scott, 2007; Zeiler y Sadler, 2007). Hace relativamente pocos años que se propone como innovación en las clases de ciencias el uso de cuestiones sociocientíficas como contextos de aprendizaje. La investigación ha descrito numerosas implicaciones positivas de esta propuesta como son: hacer la ciencia más relevante para la vida de los estudiantes (Cajas, 1999; Pedretti, 1999; Aikenhead y Ogawa, 2007), aumentar su conocimiento de la naturaleza de la ciencia (Bell y Lederman, 2003; Zeidler, Sadler, Simmons y Howes, 2004), promover su alfabetización científica (Driver, Newton y Osborne, 2000), incrementar su capacidad para tomar decisiones (Gutierrez, 2015) y facilitar las actitudes positivas frente a la ciencia, así como la motivación y la creatividad de los alumnos (Lee y Erdogan, 2007; Sadler, 2009).

Objetivos y preguntas de investigación

La propuesta didáctica que se analiza en este estudio se basa en el uso de un encargo ficticio como contexto de aprendizaje. El encargo consiste en la realización de una investigación científica que los alumnos llevarán a cabo en un entorno profesional. La propuesta implica buscar la manera de resolver un problema y reflexionar sobre una de las cuestiones sociocientíficas con las que se encuentran los investigadores en biomedicina, la experimentación animal. De este modo, esperamos que el alumnado asuma el rol de investigador, conozca mejor la profesión científica y entienda los conceptos científicos necesarios para resolver el problema planteado.

El objetivo de esta investigación es dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Qué aprendizajes conceptuales se adquieren mediante este planteamiento didáctico?
- ¿Permite este planteamiento que los alumnos se aproximen a la profesión científica? ¿Los estudiantes perciben que sus visiones sobre la profesión científica han cambiado?
- ¿Qué opinan los estudiantes sobre el uso de encargos ficticios como contexto de aprendizaje?

METODOLOGÍA

Contexto del estudio

El curso «Descubre al culpable: laboratorio de biología molecular» se ofrece en el Campus Júnior de la Universidad Pompeu Fabra, un programa que tiene la finalidad de acercar la Universidad y su entorno al alumnado de educación secundaria. El curso va dirigido a alumnos que han finalizado 4.º de ESO o 1.º de bachillerato. Este se ha realizado durante tres años consecutivos (2013, 2014 y 2015) durante una semana del mes de julio, en las instalaciones de la Facultad de Ciencias de la Salud y de la Vida y el Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona (PRBB).

Participantes del estudio

Este estudio se realizó con un total de 51 alumnos de edades comprendidas entre 14 y 17 años, un 63 % de los cuales eran chicas y un 37 % chicos. Todos ellos participaron en el curso de manera voluntaria y mostraban interés por la ciencia.

Propuesta didáctica

La principal característica del planteamiento didáctico del curso del Campus Júnior de Biología Molecular de la UPF es el contexto de un encargo de investigación que se propone a los alumnos poco antes de empezar las actividades.

La metodología utilizada durante el curso se basa en el aprendizaje a partir de la indagación, en la cual los alumnos identifican los problemas y situaciones que deben resolver para ir avanzando en la investigación del caso. Los docentes del curso facilitan los recursos necesarios para promover esta progresión de los alumnos de la forma más autónoma posible y solo intervienen de manera más dirigida puntualmente, para dar a conocer procedimientos de laboratorio o aplicaciones informáticas desconocidas por los alumnos.

El planteamiento y la discusión de un dilema sociocientífico relevante, la experimentación animal, además de hacer hincapié en aspectos clave de la actividad científica y sus implicaciones sociales, pretende también incidir en aspectos emocionales que, como ya se ha comentado, tienen un papel importante en los procesos de aprendizaje.

Los objetivos de aprendizaje del curso son:

1. Conocer la profesión científica y algunos proyectos de investigación biomédica que se llevan a cabo en el entorno más próximo de los estudiantes.
2. Analizar el papel que tiene la experimentación animal en la investigación biomédica y las diferentes opiniones sobre el tema.
3. Ser capaz de diseñar un experimento y aplicar técnicas básicas de biología molecular:
 - La extracción del ADN.
 - La amplificación del ADN a través de la técnica de la PCR.
 - La electroforesis de ADN.
 - La secuenciación del ADN.
4. Analizar secuencias de ADN a través de bases de datos públicas de genómica.
5. Interpretar los resultados obtenidos en el laboratorio y comunicar las conclusiones.

Descripción de contexto de aprendizaje

Los alumnos se habían inscrito en un curso teórico-práctico de biología molecular sin ninguna referencia a ningún tipo de contexto, tal y como estaba publicitado en la página web del Campus Júnior (<<https://www.upf.edu/web/campus-junior>>).

El primer día del curso se explica a los alumnos que un acontecimiento de última hora nos obliga a hacer cambios en el programa. En el estabulario del PRBB hace pocos días desapareció un ratón de uno de los grupos de investigación. La dirección del centro denunció inmediatamente el hecho a la policía, pero la lentitud de las investigaciones hace temer por la seguridad de este importante servicio del centro de investigación. Por ello se ha decidido proponer a los participantes del curso que lleven a cabo la investigación, ya que se supone que pueden realizarla sin despertar sospechas entre los investigadores del centro. Se les informa que en el lugar de los hechos se encontraron unos cuantos pelos que no eran de ratón y que se supone que pertenecen al culpable de la desaparición del animal. También se dispone de la lista de personas que entraron en la sala donde desapareció el ratón el día de los hechos.

A lo largo de los cinco días del curso, los alumnos extraen el ADN de los pelos hallados en el lugar donde había desaparecido el ratón e identifican el sexo del individuo al cual pertenecen, a partir del gen de la amelogenina. También entrevistan a los investigadores que habían estado en la sala donde desapareció el ratón. Esta entrevista les permite conocer el día a día de su labor como científicos. Al final de la entrevista y con la excusa de estar realizando unas prácticas de biología molecular para no despertar sospechas, piden una muestra de saliva a los investigadores para poder extraer su ADN. La secuenciación del ADN y su comparación con el ADN extraído de los pelos del lugar donde había desaparecido el ratón permitirán descubrir que este no pertenecía a ninguno de los investigadores. Su posterior comparación con bases de datos públicas de genómica permite descubrir que se trata de pelos de chimpancé, dato que permite claramente atribuir la desaparición a uno de los investigadores de la lista, ya que es el único que trabaja con muestras biológicas de esta especie. Todas estas actividades se desarrollan en grupos cooperativos de 3-4 estudiantes que finalmente exponen sus conclusiones mediante presentaciones audiovisuales a los responsables del estabulario.

Tabla 1.
Relación de actividades de todo el programa del curso.
Se detalla la gestión de aula (el grupo completo estaba compuesto por 25 alumnos y el trabajo en grupos pequeños se realizaba con 4-5 alumnos)

| Día | Actividades | Gestión de aula |
|-----|--|-------------------------------------|
| 1 | Bienvenida y presentación del curso. Explicación del incidente que motiva un cambio en el programa previsto y encargo de la resolución del caso. Pre-test. | Grupo completo |
| | Conferencia sobre la investigación biomédica y la experimentación animal. | Grupo completo |
| | Diseño de los primeros pasos de la investigación. | Trabajo en grupos |
| | Puesta en común del diseño de la investigación y breve explicación de la PCR. | Grupo completo |
| | Iniciación al trabajo de laboratorio. Poner en marcha la primera PCR. | Trabajo en grupos en el laboratorio |

| Día | Actividades | Gestión de aula |
|-----|--|-------------------------------------|
| 2 | Preparación de las entrevistas y recogida del material para la toma de muestras y explicación del procedimiento que se debe realizar. | Trabajo en grupos |
| | Entrevistas a los investigadores («sospechosos»). | Trabajo en grupos |
| | Trabajo experimental: extracción de ADN de la saliva de los sospechosos. | Trabajo grupos en el laboratorio |
| 3 | Puesta en común de los resultados obtenidos y de la información obtenida en las entrevistas. Planificar cómo continuar la investigación. | Grupo completo |
| | Preparar la PCR del ADN mitocondrial. Ejercicio de diseño de los <i>primers</i> . | Trabajo en grupos |
| | Trabajo experimental: poner en marcha la PCR de ADN mitocondrial y hacer un gel de agarosa. | Trabajo en grupos en el laboratorio |
| 4 | Trabajo experimental: recoger la PCR y preparar las muestras para secuenciar. | Trabajo en grupos en el laboratorio |
| | Trabajo experimental: visualizar el gel y recoger la banda. Preparar la muestra para la secuenciación. | Trabajo en grupos en el laboratorio |
| | Explicación de la secuenciación. | Grupo completo |
| | Visita al servicio de secuenciación. | Grupo completo |
| | Debate sobre la experimentación animal. | 2 grupos de 15 |
| 5 | Trabajo de bioinformática: análisis de los resultados de la secuenciación a través de bases de datos de genómica. | Grupo completo |
| | Preparación de las conclusiones finales. | Trabajo en grupos |
| | Presentación final de los resultados de cada grupo y resolución del caso. | Grupo completo |
| | Valoración del curso. | Grupo completo |

Recogida y análisis de datos

Prueba para valorar los conocimientos adquiridos

Para valorar el nivel de conocimientos inicial y final de los estudiantes se utilizó la metodología «pre-test post-test». El test consistía en dos partes: 1) un problema de biología molecular, en el que se presentaba el caso de un asesinato y se preguntaba cómo podía identificarse al culpable a partir de unas muestras de piel halladas en las uñas de la víctima y 2) un KPSI (Knowledge and Prior Study Inventory) en el cual valoraban su nivel de conocimiento de los principales conceptos que se tratarían a lo largo del curso (anexo 1). Ambos documentos eran completados de forma anónima por parte de los alumnos antes de iniciar y al finalizar el curso. Los documentos iniciales y finales se correlacionaron para poder establecer la trazabilidad de sus aprendizajes.

Para comparar los conocimientos previos al curso con los posteriores, se analizaron los conceptos que utilizaron correctamente para resolver el problema planteado.

Cuestionario final

Al finalizar el curso, se pidió a los estudiantes que respondieran un cuestionario de manera anónima y voluntaria. El cuestionario estaba compuesto por 8 preguntas cerradas y abiertas (anexo 2) que pretendían recoger información sobre su percepción de lo que habían aprendido durante el curso (preguntas 1 y 2), el cambio de visión sobre la profesión científica (preguntas 3 y 4) y sus opiniones sobre la propuesta didáctica del curso (preguntas 5-8).

Las respuestas de las preguntas abiertas fueron analizadas cualitativamente por dos investigadores (los autores de la publicación). En una primera fase, se codificaron, independientemente, las categorías identificadas de manera inductiva y posteriormente se consensuó la codificación entre ambos.

RESULTADOS

Aprendizajes conceptuales adquiridos

Para analizar las respuestas de los alumnos en el pre-test y post-test (resolución del caso de asesinato) se consideraron 10 conceptos que conformarían una respuesta totalmente correcta y detallada al problema planteado. Estos conceptos eran:

- 1 = ADN de las células o de una muestra piel
- 2 = Células o muestra piel
- 3 = Extracción ADN
- 4 = Gen amelogenina
- 5 = ADN de los sospechosos
- 6 = Amplificación del ADN (PCR)
- 7 = Estudio región de las regiones variables del ADN (mtADN)
- 8 = Separación del ADN (electroforesis)
- 9 = Secuenciación del ADN
- 10 = Comparar el ADN

Se clasificaron las respuestas de los alumnos en tres categorías en función del número de conceptos que incluían sus respuestas iniciales de manera correcta: nivel bajo (menos de 5 conceptos de la lista anterior), medio (entre 5 y 8 conceptos) y alto (más de 8 conceptos). Los valores de las frecuencias de cada concepto en cada una de estas tres categorías en los test iniciales y finales pueden observarse en la tabla 2.

Tabla 2.
Relación de los conceptos utilizados correctamente para la resolución del problema planteado como pre-test y post-test de los grupos de alumnos de nivel bajo, NB (n = 8), nivel medio, NM (n = 29) y nivel alto, NA (n = 14). En la columna de la derecha, se indica la media de conceptos utilizados en cada caso

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Media conceptos |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-----------------|
| NA | Pre | 87,5 | 87,5 | 33,3 | 0 | 83,3 | 62,5 | 16,6 | 37,5 | 50 | 75 | 5 |
| | Post | 100 | 75 | 50 | 33 | 75 | 75 | 66,6 | 75 | 100 | 100 | 7,1 |
| NM | Pre | 82,7 | 75,9 | 0 | 0 | 62,1 | 3,44 | 0 | 6,9 | 17,2 | 72,4 | 3,6 |
| | Post | 75,9 | 82,7 | 10,3 | 20,7 | 65,5 | 79,3 | 51,7 | 55,17 | 79,3 | 89,6 | 6,5 |
| NB | Pre | 28,7 | 78,5 | 0 | 0 | 35,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 1,8 |
| | Post | 51,1 | 57,1 | 0 | 21,4 | 57,1 | 92,8 | 35,7 | 57,1 | 78,6 | 78,6 | 5,4 |

En las figuras 1 y 2 se muestran el número absoluto de conceptos usados de manera correcta para dar respuesta al problema planteado, así como el incremento medio de conceptos entre las respuestas iniciales y finales de los estudiantes de los tres grupos: nivel alto, medio y bajo.

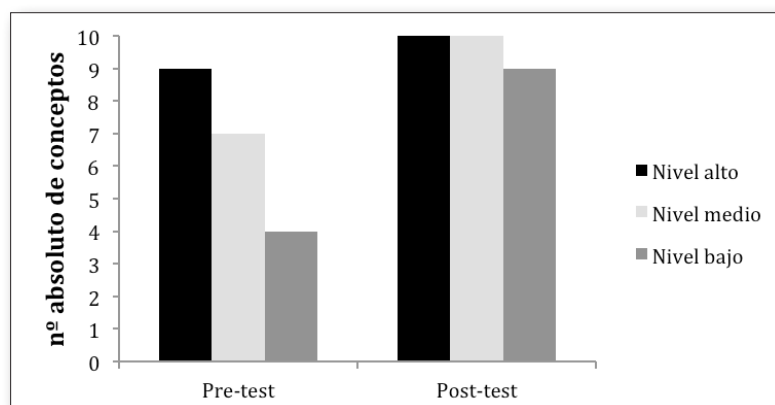


Fig. 1. Número de conceptos usados de manera correcta en el pre-test y post-test.

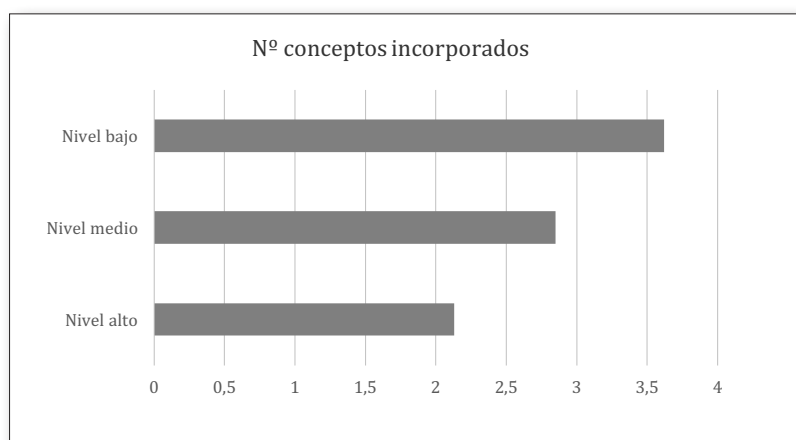


Fig. 2. Número de conceptos incorporados correctamente.

En el caso de los KPSI, los alumnos podían valorar su conocimiento de cada concepto en los siguientes cuatro niveles (1 = No lo sé, 2 = Tengo una cierta idea, 3 = Lo sé, 4 = Lo puedo explicar a un compañero/a).

La tabla 3 ilustra las medias de la valoración de cada uno de los conceptos considerados en el KPSI por el conjunto de alumnos en el momento inicial del curso y al finalizar este, así como sus incrementos medios.

Tabla 3.

Valoraciones de las medias de los 20 conceptos incluidos en los KPSI que completaron los alumnos antes (pre) y después (post) de la realización del curso y el incremento correspondiente

| Conceptos | Medias | | |
|--------------------------------|--------|------|------------|
| | pre | post | Incremento |
| 1- ¿Qué es el ADN | 3,44 | 3,86 | 0,42 |
| 2- ¿Qué función tiene el ADN? | 3,55 | 3,86 | 0,31 |
| 3- ¿Dónde se encuentra el ADN? | 3,69 | 3,9 | 0,21 |
| 4- ¿Qué es un gen? | 3,34 | 3,48 | 0,14 |

| Conceptos | Medias | | |
|---|--------|------|------------|
| | pre | post | Incremento |
| 5- ¿Qué es un nucleótido? | 2,93 | 3,45 | 0,52 |
| 6- ¿Qué es la desnaturalización del ADN? | 2,51 | 3,59 | 1,08 |
| 7- ¿Cómo se pueden hacer copias del ADN? | 2,86 | 3,72 | 0,86 |
| 8- ¿Qué es una enzima? | 2,72 | 3,21 | 0,49 |
| 9- ¿Qué es la ADN polimerasa? | 2,17 | 3,45 | 1,28 |
| 10- ¿Qué es la técnica de la PCR? | 1,69 | 3,59 | 1,90 |
| 11- ¿Qué es el ADN mitocondrial? | 2,79 | 3,62 | 0,83 |
| 12- ¿Cómo se pueden separar las diferentes muestras de ADN que hay en una disolución? | 1,79 | 3,1 | 1,31 |
| 13- ¿Qué es la secuenciación del ADN? | 2,93 | 3,46 | 0,53 |
| 14- ¿Qué es la electroforesis? | 2 | 3,52 | 1,52 |
| 15- ¿Cómo se puede conocer el orden de los nucleótidos de una muestra de ADN? | 2,28 | 3,21 | 0,93 |
| 16- ¿Cómo se diseña una investigación? | 2,52 | 3,48 | 0,96 |
| 17- ¿Qué es y qué se hace en el PRBB? | 2,45 | 3,66 | 1,21 |
| 18- ¿Cómo se puede identificar a un individuo usando el ADN? | 3 | 3,62 | 0,62 |
| 19- ¿Qué es el grupo control en un experimento? | 2,07 | 3,45 | 1,38 |
| 20- ¿Qué son las réplicas de un experimento? | 2,72 | 3,34 | 0,62 |
| Total de conceptos | 2,67 | 3,52 | 0,85 |

En relación con la información obtenida a partir de las encuestas, un 100 % de los asistentes consideran que la participación en el curso les ha servido para aprender. Las justificaciones que exponen pueden categorizarse en dos grupos, los que hacen referencia a aspectos teóricos y los que hacen referencia a aspectos prácticos (tabla 4).

Tabla 4.

Ejemplificación de algunas justificaciones sobre por qué el curso les ha servido para aprender

| Categorías | Comentarios de los alumnos | % |
|---|--|------|
| <i>Referencias a aspectos teóricos</i> | <ul style="list-style-type: none"> - He aprendido conocimientos muy interesantes - He trabajado conceptos - He consolidado cosas que no sabía - Aprendes muchas cosas nuevas - Casi todo era nuevo para mí - Había cosas que ya sabía, pero igualmente he profundizado en ello - Se explican y aplican muchas cosas | 56,8 |
| <i>Referencias a aspectos prácticos</i> | <ul style="list-style-type: none"> - He aprendido nuevos métodos - He utilizado métodos que nunca había usado - He entendido aspectos prácticos de cosas que ya sabía - He aprendido a analizar ADN, pipetear, corregir errores - Ahora conozco el laboratorio y las normas de seguridad - Ahora sé que es el PRBB, la PCR, la experimentación - Desconocía muchas técnicas y el funcionamiento del estabulario - Este Campus me permite saber si me quiero dedicar a la investigación | 43,2 |

Las respuestas a la pregunta concreta sobre los principales aprendizajes realizados son muy diversas, desde muy genéricas como «genética» o «trabajar en el laboratorio», a respuestas muy específicas como «el gen de la amelogenina» o «el gel de agarosa». Algunas de estas respuestas habían ya aparecido en las justificaciones a la primera pregunta.

Impacto del curso sobre la imagen y conocimiento de la profesión científica

La tercera pregunta de la encuesta estaba directamente relacionada con el conocimiento de la profesión científica por parte del alumnado. Concretamente se les preguntaba si habían cambiado su visión y conocimiento sobre el funcionamiento de la ciencia, así como las razones para justificar sus respuestas.

En la tabla 5 se indican los porcentajes del alumnado que reconoce que ha cambiado su visión sobre la profesión científica (62,3 %) y el que no (37,73 %), junto con el tipo de justificaciones que da. Las justificaciones afirmativas se han categorizado según si sugieren una mejora en la actitud sobre la profesión científica o una ampliación de su conocimiento sobre el funcionamiento de la ciencia.

Tabla 5.
Impacto del curso en la visión de la profesión científica por parte del alumnado

| | | |
|--|---|-------|
| <i>Alumnado que reconoce haber cambiado de visión sobre la profesión científica</i> | | 62,3% |
| | Justificaciones | |
| | Ha mejorado la actitud sobre la profesión científica | 47,6% |
| | Es difícil pero interesante Lo encuentro más interesante y útil Pensaba que la ciencia era más monótona y cerrada, ahora veo que es abierta y buena Es más divertido de lo que pensaba Es menos monótono de lo que pensaba He visto que es más complejo y más interesante de lo que pensaba Es más divertido de lo que pensaba Mejor y más fascinante Es más amplio de lo que pensaba Pensaba que los investigadores eran más cerrados | |
| | Se ha ampliado el conocimiento sobre el funcionamiento de la ciencia | 52,4% |
| | Pensaba que era más exacto Es más amplio de lo que pensaba Se trabaja mucho en equipo No conocía el dinero y el tiempo que se gasta No tenía muy claro el día a día de los científicos Pensaba que analizar el ADN era más fácil Desconocía cómo funciona la ciencia desde dentro He podido conocer más el mundo de la ciencia | |
| <i>Alumnado que reconoce no haber cambiado de visión sobre la profesión científica</i> | | 37,7% |
| | Justificaciones | |
| | Ya me lo imaginaba así Ya me gustaba Ya lo conocía, pero lo he visto más de cerca | |

Opiniones de los alumnos sobre el uso de encargos ficticios como contexto de aprendizaje

Se preguntó al alumnado sobre sus preferencias por un enfoque contextualizado de la ciencia, como se llevaba a cabo en el curso, o bien por un enfoque más tradicional, así como la correspondiente justificación.

El 98 % afirman preferir los planteamientos contextualizados y solo el 2 % optan por la opción tradicional. En este segundo caso la justificación aportada es: «prefiero que primero me lo expliquen y entenderlo, para luego hacer la práctica».

Las justificaciones a las respuestas afirmativas son muy diversas y las hemos clasificado en tres categorías: las que hacen referencia a sus sentimientos («más entretenido», «menos aburrido», «atractivo», «divertido», «me ha encantado», «no agobia», «tienes más motivación para hacer las cosas», «hay un objetivo claro y tienes más motivación»), las que hacen referencia a las características de las actividades («más didáctico», «más dinámico», «más fácil», «práctico», «más concreto», «nuevo», «más real», «aprendes investigando de una manera práctica», «más útil», «estudias con los ojos abiertos y no solo para un examen») y las que hacen referencia a la gestión de las actividades («es una forma alternativa de aprender», «no es necesario escribir ni estudiar», «me ha gustado mucho pero ya se notaba que era un montaje»).

Para valorar cómo vivió el alumnado el hecho de haber simulado durante el curso un encargo ficticio, se pidió que hicieran una valoración de sus sentimientos en el momento en que se les propuso la resolución del caso justo al comenzar y al finalizar el curso. En este momento, se explicaba a los alumnos que el encargo y el caso que se les había propuesto resolver eran ficticios, así como la intencionalidad didáctica de este tipo de propuestas. Por ello, era también muy relevante valorar sus sentimientos al conocer estos detalles. Existe una gran diversidad de respuestas que pueden agruparse en dos grandes categorías en cada caso para cuantificarlas: las que facilitan o dificultan la implicación en el curso de los alumnos, en el momento del planteamiento del caso, y las que indican satisfacción o insatisfacción sobre la resolución y desarrollo del caso, al final del curso, cuando se desveló que el encargo era ficticio. En ambos momentos se ha establecido también una categoría intermedia, que incluye aquellos sentimientos que denotan indiferencia. Los sentimientos generados, así como sus justificaciones, se describen en las tablas 6 y 7.

Tabla 6.
Emociones manifestadas por los alumnos en las encuestas con relación al contexto inicial

| <i>Caracterización</i> | <i>Porcentaje</i> | <i>Ejemplos de algunas justificaciones</i> |
|---|-------------------|--|
| Emociones que facilitan la implicación en el curso | 58,70 % | Tenía ocasión de probar cómo funciona un laboratorio, me gustan las cosas prácticas, más implicación y responsabilidad al ser un caso real, quería encontrar al culpable, era lo más parecido a lo que quiero dedicarme, sabía que era un montaje pero me parecía divertido e interesante. |
| Emociones que indican indiferencia | 5,43 % | No me sorprendió, ya me lo imaginaba, era extraño un caso así con la seguridad que hay. |
| Emociones que dificultan la implicación en el curso | 32,61 % | Pensé que no habría tiempo en una semana, era poco real, se notaba que era un montaje, sabía que no era real, era exagerado y poco creíble, no me gusta que me tomen por tonto. |
| No contestan | 3,27 % | |

Tabla 7.

Emociones expresadas por los alumnos en las encuestas al conocer que el contexto inicial era falso

| <i>Caracterización</i> | <i>Porcentaje</i> | <i>Ejemplos de algunas justificaciones</i> |
|--|-------------------|--|
| Emociones que indican satisfacción sobre la resolución y desarrollo del caso | 36,96 % | Se han tomado muchas molestias para hacer un curso distraído y dinámico, la realidad del caso es indiferente porque igualmente he aprendido, me sorprendió el resultado, satisfecho porque se confirmó mi deducción. |
| Emociones que indican indiferencia | 57,61 % | No me ha sorprendido porque ya me lo esperaba, indiferente pues ya lo sabía, ya me lo imaginaba pues era muy complicado que fuera real. |
| Emociones que indican insatisfacción sobre la resolución y desarrollo del caso | 2,18 % | Me he sentido mal, me han quitado la ilusión, estoy sorprendido y desconcertado. |
| No contestan | 3,27 % | |

También se analizaron las transiciones entre las diferentes categorías de emociones expresadas por los alumnos en relación con la situación inicial (planteamiento del caso) y final (revelación que se trataba de un caso ficticio). La cuantificación e interpretación de estos datos se detalla en la tabla 8.

Tabla 8.

Evolución de las emociones del alumnado

| <i>Tipo de transición</i> | <i>Porcentaje</i> | <i>Interpretación a partir de las justificaciones expresadas</i> |
|---|-------------------|---|
| De emociones que facilitan la implicación a emociones de satisfacción | 23,91 % | Mantienen la motivación aun sabiendo que el caso era ficticio. Focalizan sus justificaciones en el aprendizaje y en su interés por los contenidos y técnicas experimentales. También valoran muy positivamente el desenlace sorprendente. |
| De emociones que facilitan la implicación a emociones de indiferencia | 32,61 % | Les interesa inicialmente y descubren que el caso es falso durante el curso. Por ello, la revelación de su falsedad les despierta indiferencia. |
| De emociones que facilitan la implicación a emociones de insatisfacción | 1,09 % | Su interés inicial se transforma en emociones de insatisfacción porque se sienten decepcionados por la falsedad del caso. Han creído en su posible veracidad hasta el final. |
| De emociones de indiferencia a emociones de satisfacción | 2,18 % | No les motivó el planteamiento inicial pero el desarrollo de este les ha entusiasmado. |
| De emociones de indiferencia a emociones de indiferencia | 3,27 % | Se mantienen indiferentes. Principalmente focalizan sus justificaciones en la falsedad del caso que perciben ya desde el inicio del curso y no les sorprende su revelación al final. |
| De emociones de indiferencia a emociones de insatisfacción | 0 % | Detectaron que el caso era falso ya al principio y el desarrollo del curso no los ha motivado. Focalizan sus emociones finales en la falsedad del caso. |
| De emociones que dificultan la implicación a emociones de satisfacción | 10,87 % | Aunque el inicio del caso y sus sospechas sobre su falsedad les generaron emociones que podían dificultar su implicación, la metodología empleada y las actividades de laboratorio y de contacto con científicos han acabado provocando emociones de satisfacción. La sorpresa del desenlace también ha jugado un papel clave en sus emociones finales. |
| De emociones que dificultan la implicación a emociones de indiferencia | 19,56 % | Percibieron la falsedad del caso ya al inicio y esto no les gustó. Al ya conocerlo, la revelación final de este detalle los deja indiferentes. |

| <i>Tipo de transición</i> | <i>Porcentaje</i> | <i>Interpretación a partir de las justificaciones expresadas</i> |
|--|-------------------|---|
| De emociones que dificultan la implicación a emociones de insatisfacción | 1,09 % | El planteamiento inicial no les motiva porque detectan que era falso. La revelación final de este detalle les molesta. Justifican sus emociones principalmente en el «engaño» del que se consideran «víctimas». Aun así, el único caso con este tipo de respuestas parece responder con cierta ironía por lo que podría ocultar otro tipo de emociones. |
| No contestan a ambas o a alguna de las dos preguntas | 5,43 % | Solo un caso deja en blanco ambas preguntas mientras que otro deja solo la primera y manifiesta indiferencia en la segunda pregunta. Otros dos, inicialmente uno con emociones que facilitan la implicación y el otro con emociones que la dificultan, dejan en blanco la segunda pregunta. |

Ya para finalizar, se planteaba una última pregunta a los alumnos para valorar su percepción sobre la utilidad didáctica de situaciones (contextos) que no son reales. No hubo ninguna respuesta negativa a esta pregunta, es decir, ningún alumno/a consideró que no fueran útiles para el aprendizaje. El 98,15 % respondieron afirmativamente, mientras que el 1,85 % dijeron que esta utilidad dependía de diversos factores. Las justificaciones a estas respuestas las hemos clasificado en las cuatro categorías que se indican en la tabla 9.

Tabla 9.
Opiniones del alumnado sobre por qué
el uso de encargos ficticios como contextos de aprendizaje es útil

| <i>Categorías</i> | <i>Comentarios del alumnado</i> |
|------------------------------------|--|
| Sentimientos que generan | Te sientes como un profesional. Eres como un investigador. Vives directamente un caso. Es más entretenido. |
| Actitudes que promueven | Te implicas más. Te motivas más. Simulas la realidad. Crees que es real y profundizas más. Crees que estás haciendo algo por el PRBB y estás más concentrado. Si crees que es real, aunque poco probable, te lo tomas más en serio. Así es más fácil ser aplicado. Te hace pensar. Crees que eres un investigador e intentas ser lo más cuidadoso y preciso posible. |
| Características de las actividades | Es como real. Te prepara para un caso real, vives situaciones en las que te puedes encontrar en el futuro. Ayuda a entender cómo son las situaciones reales. Es una buena manera de poner en práctica los conocimientos teóricos. Aunque no sea real lo parece. Es la mejor manera de aprender. Muy útil y formativo. Ayuda a plantear una investigación. Puedes poner en práctica la búsqueda sin que pase de verdad. Si son situaciones verosímiles son tan útiles como si fueran reales. Te pones al 100 % en la piel de un investigador. |
| Justificaciones más elaboradas | Cuando sea verdad sabré qué hacer. A pesar de ser ficticio, si el día de mañana trabajamos como investigadores ya sabremos qué hacer. Hemos podido ver la evolución del caso y dar sentido a los resultados. Despierta el aprendizaje de forma real. Tanto si es real como si no lo es aprendes a hacer diferentes cosas y procesos. Sería mejor hacerlo con casos reales. Entiendes mejor cuándo se pueden utilizar estas técnicas. Se aprende mucho de una manera lúdica. Es indiferente usar un caso real o ficticio para aprender las técnicas. Te prepara para la vida y puedes aprender cosas, aunque hagas errores que en situaciones reales no puedes cometer. |

DISCUSIÓN

Si comparamos los resultados del pre-test y el post-test se aprecia cómo todos los alumnos han aprendido algunos conceptos de forma significativa. Esto se evidencia porque los alumnos son capaces de

aplicar los conceptos aprendidos en un contexto diferente. Como era de esperar, el impacto en el aprendizaje es mayor cuanto más bajo era su nivel inicial. Así, en los tres niveles establecidos (alto, medio y bajo) han incorporado un número medio de 2,13; 2,85 y 3,62 conceptos nuevos respectivamente en sus textos.

También era esperable, dado el carácter eminentemente práctico de las actividades, que los conceptos que presentan mayores incrementos de su frecuencia en los textos de los alumnos sean aquellos que corresponden a aspectos procedimentales como la electroforesis, la PCR o la secuenciación del ADN; en todos ellos el incremento fue superior al 50 %. Es interesante destacar que algunos alumnos de los niveles medio y alto han incorporado en sus textos finales la totalidad de conceptos tratados.

Los resultados de los KPSI corroboran y detallan las ideas comentadas hasta este momento. Los conceptos básicos como el de gen o de ADN son aquellos que experimentan incrementos más débiles en las valoraciones de los alumnos (0,14 y 0,42 respectivamente), dado que ya tenían valores claramente superiores a 3 en su valoración inicial. En cambio, los conceptos relacionados con procedimientos de biología molecular o bien aquellos que son bastante específicos son los que muestran incrementos mayores: la PCR 1,9; la electroforesis 1,52 y la DNA polimerasa 1,28.

Algunos de los ítems valorados en los KPSI también permiten evidenciar el aprendizaje que han realizado los alumnos en relación con aspectos de la naturaleza de la ciencia. Así, destacan con valores elevados: el grupo control de un experimento 1,38; el PRBB 1,21 y el diseño de una investigación 0,96.

En el caso de los datos obtenidos a partir de las encuestas, las primeras consideraciones hacen referencia también al aprendizaje. Todos los alumnos reconocen que han aprendido y cuando se les pide que detallen lo más destacado que han aprendido indican aspectos muy generales («todo era nuevo para mí», «nuevos métodos», «saber si quiero dedicarme a la investigación») o muy concretos («el PRBB», «el estabulario»).

Analizando la percepción del alumnado sobre su cambio de visión hacia la naturaleza de la ciencia encontramos diversos detalles interesantes. Por una parte, la mitad de los alumnos dan respuestas poco concretas pero que, en todos los casos, explican detalles de su visión «actualizada» de la ciencia y la actividad científica en comparación con sus ideas previas («más divertida», «más compleja», «menos monótona»). Por otra parte, un tercio de las respuestas hacen referencia a la tarea de los investigadores y a su forma de ser («trabajo en equipo», «recursos económicos utilizados», «pensaba que eran más “cerrados”»).

Las preferencias (98 %) por enfoques contextualizados de la ciencia y sus justificaciones son muy coherentes con estudios previos. Muchos estudiantes destacan cómo el uso del contexto planteado ha facilitado el aprendizaje, tal y como sugiere Cronin-Jones (2000) al analizar escenarios de juego de rol; otros reconocen su carácter motivador y divertido, también descrito en este tipo de escenarios por Grande del Prado (2010) y de Manuel (1993).

Las respuestas sobre los sentimientos experimentados por los alumnos ante la presentación del caso muestran que el objetivo que nos habíamos propuesto de implicar emocionalmente a los alumnos se consiguió claramente. El planteamiento del caso provoca una polarización de las emociones (se dividen claramente entre las que facilitan y las que dificultan la implicación), con un evidente predominio de las primeras. Muy pocos alumnos se muestran indiferentes.

La revelación de la falsedad del caso planteado al final del curso provoca un cambio destacable de las emociones manifestadas por los alumnos, pero contrariamente a lo que cabría esperar, la revelación del «engaño» al final del curso no generó un gran incremento de sentimientos negativos. La mayoría (57,61 %) manifiestan emociones de indiferencia y las relacionan con la veracidad del caso, ya que a lo largo de la semana han descubierto que era ficticio. Los alumnos que expresan emociones de satisfacción (36,96 %) centran sus justificaciones en la dinámica del curso y en el aprendizaje realizado. El

número de alumnos que expresan emociones de insatisfacción es muy reducido (solo el 2,18 %). Estos hallazgos no coinciden con los descritos por Nicolaou, Evagorou y Lymbouridou (2015), quienes describen cómo, al tratar cuestiones sociocientíficas, las emociones expresadas por los alumnos se polarizan entre positivas y negativas. En este caso, los estudiantes relacionaban las emociones positivas con la proximidad y la realidad del contexto y, como en nuestro estudio, con los aprendizajes realizados, la indagación, la diversidad de actividades y su enfoque práctico. Las emociones negativas expresadas por los alumnos en el estudio de Nicolaou, Evagorou y Lymbouridou se relacionaban con la incertidumbre sobre las soluciones propuestas y las dificultades técnicas de las actividades.

La transición más común es de emociones que facilitan la implicación a emociones de indiferencia en casi un tercio del alumnado. Los alumnos que siguen manteniendo emociones de satisfacción, las justifican a partir del sorprendente desenlace final o bien por el enfoque práctico del curso y los aprendizajes que ha comportado.

La pregunta final de la encuesta, en relación con el uso didáctico de situaciones ficticias, aportó respuestas especialmente interesantes. Por una parte, hacen clara referencia a conclusiones citadas en diversos artículos sobre la significatividad de los conceptos aprendidos (Chamizo y Izquierdo, 2005), con respuestas como «despierta el aprendizaje de forma real», «lo entiendes mejor cuando utilizas las técnicas». También a su transferencia al mundo real (Claxton, 1994; Sanmartí, 2011), con aportaciones como «sabes cómo iría un caso real», «útil para prepararte para casos reales». Surgen también respuestas que hacen referencia a las emociones que este tipo de actividades despiertan, como «entretenido», «motivador», «vivencial», «implicación».

Es interesante destacar que algunas de las reflexiones citadas en las respuestas a esta última pregunta son una clara ejemplificación del objetivo clave que debería tener la educación según algunas investigaciones didácticas (Sanmartí y Marchán, 2015): «ser capaz de activar el conocimiento adquirido cuando tengan que actuar en otras situaciones actuales y futuras». Tres ejemplos de este tipo de respuestas son: «cuando sea verdad sabré que hacer», «si el día de mañana trabajamos de investigadores sabremos qué hacer», «te prepara para la vida y puedes aprender cosas y cometer errores que en situaciones reales no puedes hacer».

CONCLUSIONES

El encargo llevado a cabo en el marco del curso de biología molecular del Campus Júnior de la UPF y el conjunto de actividades relacionadas con este han facilitado el aprendizaje de aspectos procedimentales por parte de los alumnos, así como la adquisición significativa de conceptos de biología molecular.

Los contextos auténticos (basados en situaciones profesionales reales o verosímiles) son útiles a nivel didáctico y generan emociones que implican al alumnado en las actividades.

Estas actividades han permitido también que el alumnado perciba que tiene un mejor conocimiento de la naturaleza de la ciencia a partir de tres acciones: la simulación del trabajo de los científicos, la interacción directa con investigadores y la visita a un centro de investigación de primera línea.

El factor sorpresa, un desenlace sorprendente en nuestro caso, genera satisfacción con la resolución del caso, así como una predisposición favorable hacia actividades similares futuras.

Los alumnos visualizan la utilidad didáctica de los contextos y consideran que la simulación de situaciones reales aporta significatividad y sentido a los conceptos aprendidos.

IMPLICACIONES EDUCATIVAS

Las actividades basadas en contextos que simulan el trabajo de los científicos, aunque no sean reales, son una buena propuesta didáctica porque generan el aprendizaje significativo en los alumnos. Necesariamente, para reproducir la actividad científica, deben tener como objetivo global la resolución de algún problema a partir de la elaboración, más o menos guiada en función de la autonomía del alumnado, de un diseño experimental, con la posterior recogida de datos y elaboración de conclusiones que permitan dar respuesta al problema. Del mismo modo que funciona la comunidad científica, estas actividades solo pueden llevarse a cabo de forma satisfactoria a partir del trabajo en equipo y la cooperación entre los alumnos.

La tipología de actividades propuesta hasta aquí permite generar emociones positivas y motivación en los alumnos, y promueve una percepción más informada de la naturaleza de la ciencia y una visión positiva de esta. Estos aspectos se ven notablemente potenciados si la actividad o secuencia de actividades incluye abrir el aula a entornos donde se realice ciencia «en directo», como los centros de investigación, donde los alumnos puedan interactuar con científicas y científicos.

En relación con la implicación emocional, aspecto de gran relevancia en el proceso educativo, relacionada con el uso de contextos científicos ficticios, cabe destacar que generan inicialmente un predominio de emociones positivas relacionadas con la curiosidad por investigar y con responsabilizarse de un encargo. La revelación de la falsedad al final del proceso no incrementa emociones negativas (decepción, engaño, etc.) sino que simplemente deja a los alumnos indiferentes, ya que en muchos casos el propio proceso de instrucción les ha permitido descubrir que el contexto no era real, si bien una proporción destacable del alumnado expresa satisfacción por las actividades realizadas y los aprendizajes que han adquirido. El balance de los aspectos emocionales del uso de contextos que simulan problemas científicos es pues también claramente positivo, por lo que podemos concluir que globalmente se trata de actividades didácticas muy adecuadas y motivadoras para las clases de ciencias de secundaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F. (2012). Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Springer Science+Business Media B.V.* Disponible en línea: <<http://www.bu.edu/hps-scied/files/2012/10/Abd-El-Khalick-HPS-Teaching-With-and-About-NoS-and-Science-Teacher-Knowledge-Domains.pdf>> (consulta: 14-10-2016).
- ABRAHAMS, I. (2009). Does practical work really motivate? A study of the affective value of practical work in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 31 (7), pp. 2335-2353.
<https://doi.org/10.1080/09500690802342836>
- ACEVEDO, J.A. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Eureka* 6 (3), pp. 355-386.
- ACEVEDO, J.A, VÁZQUEZ, A., MARTÍN, M., OLIVA, J.M., ACEVEDO, P., PAIXÃO, M.F., MANESSERO, M.A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Eureka* 2 (2), pp. 121-140.
- AIKENHEAD, G.S., OGAWA, M. (2007). Indigenous Knowledge and Science Revisited. *Cultural Studies of Science Education*, 2(3), pp. 539-620.
<https://doi.org/10.1007/s11422-007-9067-8>
- BADIA, P. (2012). L'ús dels jocs de rol com a eina didàctica per a fomentar la participació i la reflexió crítica de tots els alumnes a la classe de ciències. *E-repositori biblioteca UPF*. Disponible en línea: <<http://repositori.upf.edu/handle/10230/19848>> (consulta 14-10-2016).

- BELL, R.L.; LEDERMAN, N.G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87, pp. 352-377.
<https://doi.org/10.1002/sc.10063>
- BUENO, D. (2016). Cerebroflexia. *Plataforma Editorial*.
- BURDEN, J. (2005). Ciencia para el s. XXI: un nuevo proyecto de ciencias para la educación secundaria en el Reino Unido. *Alambique*, 46, pp. 68-79.
- CAAMAÑO, A. (1996). La comprensión de la naturaleza de la ciencia. *Alambique*, 8, pp. 43-51.
- CAAMAÑO, A. (2005). Presentación de la Monografía: Contextualizar la ciencia. *Alambique*, 46, pp. 5-8.
- CAJAS, F. (1999). Public understanding of science: Using technology to enhance school science in everyday life. *International Journal of Science Education*, 21, pp. 765-773.
<https://doi.org/10.1080/095006999290426>
- CHAMIZO, J.A., IZQUIERDO, M. (2005). Ciencia en contexto: Una reflexión desde la filosofía. *Alambique*, 46, pp. 9-17.
- CLAXTON, G. (1994). *Educación de mentes curiosas*. Madrid: Visor (Aprendizaje).
- CRONIN-JONES, L. (2000). Science scenarios: Using role-playing to make science more meaningful. *The Science Teacher*, 67, pp. 48-52.
- DE MANUEL, J. (1993). El juego de rol. *Revista Aula de Innovación Educativa*, 19, pp. 59-64.
- DRIVER, R., NEWTON, P., OSBORNE, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, pp. 287-312.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.3.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.3.CO;2-1)
- FENSHAM, P. (2009). Real world context in PISA science: implication for context-based science education. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 46 (8), pp. 884-896.
<https://doi.org/10.1002/tea.20334>
- FERNÁNDEZ, I., GIL, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A., PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de las ciencias transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 20 (3), pp. 477-488.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2012). Cómo enseñar Naturaleza de la Ciencia (NDC) a través de las experiencias escolares de investigación científica. *Alambique*, 72, pp. 55-63.
- GOLABEK, CH., AMRANE-COOPER, L. (2011). Trainee teachers' perceptions of the Nature of Science and implications for pre-service teacher training in England. *Research in secondary teacher education*, 1 (2), pp. 9-13. Disponible en línea: <<https://core.ac.uk/download/pdf/10809835.pdf>> (consulta 14-10-2016).
- GOLEMAN, D. (1996). *Inteligencia emocional*. Barcelona: Editorial Kairós.
- GRANDE DEL PRADO, M. (2010). Los juegos de rol en el aula. En Orejudo, J.P. (coord.). Perspectiva educativa y cultural de los juegos de rol. *Teoría de la Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11 (3), pp. 56-84.
- GRAU, R. (2010). *Altres formes de fer ciències. Alternatives a l'aula de secundària*. Ed. Associació de Mestres Rosa Sensat. Col·lecció Premis, 7.
- GUTIÉRREZ, S. (2015). INTEGRATING SOCIO-SCIENTIFIC ISSUES TO ENHANCE THE BIOETHICAL DECISIONS-MAKING SKILLS OF HIGH SCHOOL STUDENTS. *International Education Studies*, 8 (1), pp. 142-151.
- HALL, A., REISS, M.J., ROWELL, C., SCOTT, A. (2003). Biología avanzada Salters-Nuffield: Un nuevo curso de biología para la etapa de 16 a 18 años. *Alambique*, 36, pp. 88-97.
- KELLER, J. (2010). Motivational design for learning and performance. The ARCS model approach. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1250-3>

- LEE, M.K., ERDOGAN, I. (2007). The Effect of Science–Technology–Society Teaching on Students’ Attitudes toward Science and Certain Aspects of Creativity. *International Journal of Science Education*, 29(11), pp. 1315-1327.
<https://doi.org/10.1080/09500690600972974>
- LOPE, S. (2009). L’experimentació a l’aula del projecte de biologia en context, la mirada del professorat. *Ciències*, 14, pp. 18-20.
- LOPE, S., DOMÉNECH, M., JUAN, X., COLOM, J., CABELLO, M. (2005). Biología Salters – Nuffield: Biología en contexto para el bachillerato. *Alambique*, 46, pp. 80-92.
- MANASSERO, M.A., VÁZQUEZ, A. (2008). Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Interuniversitaria de Formación del profesorado*, 37, pp. 187-208.
- MARBÀ, A., MÁRQUEZ, C. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de primaria a 4.º de ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 28 (1), pp. 19-30.
- MARCHÁN, I. (2015). Contribucions de la contextualització de l’aprenentatge i la transferència del coneixement a l’educació química competencial. Tesis doctoral. Disponible en línea:
<<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/321352/imc1de1.pdf;jsessionid=89F9AD04B34D55C8C2412B482C6D61BA?sequence=1>> (consulta 14-10-2016).
- MORA, F. (2013). *Neuroeducación*. Alianza Editorial.
- NICOLAOU, C.H., EVAGOROU, M., LYMBOURIDOU, C. (2015). Elementary school students’ emotions when exploring an authentic Socio-Scientific issue through the use of models. *Science Education International*, 26 (2), pp. 240-259.
- OTERO, M.R. (2006). Emotions, feelings and reasoning in science education. *Revista electrónica en Educación de las Ciencias* 1 (2), pp. 24-53.
- PEDRETTI, E. (1999). Decision making and STS education: Exploring scientific knowledge and social responsibility in schools and science centers through an issues-based approach. *School Science and Mathematics*, 99, pp. 174-181.
<https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1999.tb17471.x>
- PICKENS, M., EICK, C. (2009). Studying motivacional strategies used by two teachers in different tracked science courses. *Journal of Educational Research*, 102 (5), pp. 349-362.
<https://doi.org/10.3200/JOER.102.5.349-362>
- PISA (2006). *Marco de la evaluación: Conocimiento y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura. Programa para la evaluación internacional del alumnado*. OCDE. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- RITCHIE, S.M., TOBIN, K., HUDSON, P., ROTH, W.-M., MERGARD, V. (2011). Reproducing successful rituals in bad times: exploring emotional interactions of new science teacher. *Science Education*, 95 (4), pp. 745-765.
<https://doi.org/10.1002/sce.20440>
- SADLER, T. (2009). Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45 (1), pp. 1-42.
<https://doi.org/10.1080/03057260802681839>
- SADLER, T., BARAB, S., SCOTT, B. (2007). What Do Students Gain by Engaging in Socioscientific Inquiry? *Research in Science Education*, 37, pp. 371-391.
<https://doi.org/10.1007/s11165-006-9030-9>
- SANMARTÍ, N. (1997). *Enseñar y aprender ciencias. Algunas reflexiones*. Guía Praxis para el profesorado de la ESO.
- SANMARTÍ, N., BURGOA, B., NUÑO, T. (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique*, 67, pp. 62-69.

- SANMARTÍ, N., MARCHÁN, I. (2015). La educación científica del s. XXI: Retos y propuestas. *Investigación y Ciencia*, 469, pp. 30-39.
- TABER, K. (2008). Towards a Curricular Model of the Nature of the Science. *Science and Education*, 17, pp. 179-218.
<https://doi.org/10.1007/s11191-006-9056-4>
- ZEIDLER, D.L., SADLER, T. (2007). Social and Ethical Issues in Science Education: A Prelude to Action. *Science & Education*, 17(8-9), pp. 799-803.
<https://doi.org/10.1007/s11191-007-9130-6>
- ZEIDLER, D.L., SADLER, T., SIMMONS, M.L., HOWES, E.V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89 (3), pp. 357-377.
<https://doi.org/10.1002/sce.20048>

ANEXO 1.

Prueba y KPSI iniciales y finales: pre-test y post-test

MACABRO HALLAZGO EN LA CALLE DEL MERCADO

Ayer, a primera hora de la mañana, unos tenderos del mercado del barrio de San Andrés realizaron un macabro hallazgo cuando se dirigían hacia su parada. El cadáver de un hombre de mediana edad estaba tendido en el suelo, justo en la esquina del mercado.



Un juez y la policía forense se dirigieron rápidamente al lugar de los hechos. Tras el levantamiento del cadáver se procedió a examinarlo, comprobando que tenía signos evidentes de una muerte violenta.

La autopsia reveló la presencia de muestras de piel de los posibles atacantes en las uñas del cadáver, seguramente como consecuencia de una pelea con ellos. La policía tiene identificados a cuatro sospechosos gracias a las imágenes que captó la cámara de seguridad de la oficina bancaria del mercado, situada en las proximidades del lugar donde se encontraba el cadáver, entre las 5 y las 6 de la madrugada, periodo de tiempo en que se ha estimado que se produjo la muerte del hombre.

¿Cómo puede comprobar la policía forense si uno o más de los sospechosos son culpables de este asesinato? Redacta un texto que lo explique paso a paso.

Marca con una X el número que crees que se ajusta más a tus conocimientos sobre cada una de las preguntas indicadas en la primera columna.

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| 1- ¿Qué es el ADN? | | | | |
| 2- ¿Qué función tiene el ADN? | | | | |
| 3- ¿Dónde se encuentra el ADN? | | | | |
| 4- ¿Qué es un gen? | | | | |
| 5- ¿Qué es un nucleótido? | | | | |
| 6- ¿Qué es la desnaturalización del ADN? | | | | |
| 7- ¿Cómo se pueden hacer copias del ADN? | | | | |
| 8- ¿Qué es una enzima? | | | | |
| 9- ¿Qué es la ADN polimerasa? | | | | |
| 10- ¿Qué es la técnica de la PCR? | | | | |
| 11- ¿Qué es el ADN mitocondrial? | | | | |
| 12- ¿Cómo se pueden separar diferentes muestras de ADN que hay en una disolución? | | | | |
| 13- ¿Qué es la secuenciación del ADN? | | | | |
| 14- ¿Qué es la electroforesis? | | | | |
| 15- ¿Cómo se puede conocer el orden de los nucleótidos de una muestra de ADN? | | | | |
| 16- ¿Cómo se diseña una investigación? | | | | |
| 17- ¿Qué es y qué se hace en el PRBB? | | | | |
| 18- ¿Cómo se puede identificar a un individuo usando el ADN? | | | | |
| 19- ¿Qué es el grupo control en un experimento? | | | | |
| 20- ¿Qué son las réplicas de un experimento? | | | | |

1 = No lo sé. 2 = Tengo una cierta idea. 3 = Lo sé. 4 = Lo puedo explicar a un compañero/a.

ANEXO 2.

Encuesta final de valoración del Campus Júnior

Valoración de aspectos didácticos del curso

Para terminar queremos realizar algunas preguntas sobre la forma como se ha diseñado y llevado a cabo el curso:

1. ¿Consideras que te ha servido para aprender?

Sí No

¿Por qué?

2. En caso afirmativo, ¿cuáles son los principales aprendizajes que has realizado?

3. ¿Ha cambiado tu visión y conocimiento sobre cómo funciona la ciencia?

Sí No

¿Por qué?

4. ¿Ha cambiado tu opinión sobre el uso de animales para la investigación biomédica?

Sí No

¿Por qué?

5. A diferencia de cursos con un planteamiento más «clásico», en el curso que has realizado, los conceptos científicos se han ido tratando y aprendiendo en torno a la resolución de un caso. ¿Te gusta este planteamiento o prefieres un planteamiento más tradicional (explicaciones, apuntes, ejercicios, etc.)? Explica por qué en cualquier caso.

6. ¿Cómo te sentiste cuando se planteó el caso?

¿Por qué?

7. ¿Cómo te sentiste cuando al final has sabido que era un caso inventado?

¿Por qué?

8. ¿Crees que la simulación de situaciones que no son reales puede ser útil para aprender?

Sí No

¿Por qué?

A mouse has disappeared! Do you help us to find the guilty? Analysis of educational and emotional impact of a simulated mission

Mar Carrió, Marcel Costa

Grupo de Investigación Educativa en Ciencias de la Salud, Departamento de Ciencias Experimentales y de la Salud, Universidad Pompeu Fabra, Barcelona, España
mar.carrio@upf.edu, mcosta1@xtec.cat

Framing didactic activities in real or credible situations, a strategy known as contextualization of content, promotes meaningful learning of students. This type of approach generates positive emotions to the students, which fosters their engagement in the activities and predisposes them for learning. When these activities include the simulation of actual procedures employed by scientists in biomedicine, it also promotes knowledge of the nature of science and the discussion of socio-scientific issues.

In our study, the emotional and educational impact of a simulated mission that involves carrying out a scientific research is analysed. The mission proposed to the students is to investigate the robbery of a mouse in the animal facility of the *Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona*, using some biological samples found at the scene of the robbery. Throughout the course, the students extract the DNA from the hairs found in the place where the mouse disappeared. They also interviewed the researchers who had been in the room where the mouse disappeared. This interview allows them to know their work as scientists. At the end of the interview, they ask for a saliva sample to the researchers to extract their DNA. Then, they amplified the DNA samples (PCR technique), used electrophoresis to separate pieces and sequenced it. They analysed DNA sequences obtained through public genomic databases and finally, interpret the results and communicate the conclusions to the person responsible of the animal facility. The sequence of the initial sample does not correspond to any of the suspect researchers but the comparison with genomics databases allows them to discover that they were from chimpanzee hairs, a fact that clearly allows to attribute the disappearance to one of the researchers that works with biological samples of this species.

Our study focuses on the 51 secondary school students of the three groups who took a summer course in molecular biology in the context of the Junior Campus of Pompeu Fabra University (UPF) in Barcelona during the years 2013 to 2015. The didactic methodology of the course was based on the inquiry, so that teachers acted only as facilitators of the process of design and realization of the research by the students. The age of the students ranged from 14 to 17 years old.

In order to obtain our data, an initial and a final test were carried on. In both cases, the tests were made up by an open and contextualized question about forensic medicine and a KPSI (Knowledge and Prior Study Inventory), in order to assess the level of knowledge of 20 key concepts of molecular biology.

The students' responses to the initial test allowed us to group them into three categories according to their level of knowledge (low, medium or high) of the scientific concepts considered in this study. The number of new scientific concepts incorporated by the students at the end of the activity varied according to their initial level of knowledge, ranging from 2,1 to 3,6 average concepts. The lower the level of students, the greater the number of concepts they learned. In all the groups of students, the procedural concepts were the ones with highest increases. In relation to the knowledge of the nature of science, more than half of the students claimed to be better informed due to the activities that simulate the scientific work, the direct interaction with researchers and a visit to a research centre. 62 % of students recognize that they have changed their views on the scientific profession.

In addition to the tests, students were surveyed at the end of the course to assess their feelings during the activities. The approach of the case provokes a polarization of the students' feelings, while 59 % expresses emotions that facilitate their involvement in the task, 33 % express exactly the opposite. The revelation of the falsehood of the case raised at the end of the activity, mainly generated emotions of indifference (58 %), as well as satisfaction (34 %). However, 98 % of students stated that they preferred the contextualized approach of didactic activities compared to more traditional approaches. The clear preference for contextualized approaches is justified because it allows the simulation of real situations and they contribute to the scientific concepts learned become meaningful.

Overall, we can conclude that learning activities based on contexts that simulate the work of scientists, even if they are not real, promote significant learning of science concepts and about the nature of science. Moreover, they generate emotions that predispose students to be interested in further science learning.

