



INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

¿Cómo podemos averiguar si Limpics es un fraude? Aprendiendo a diseñar investigaciones en educación secundaria



Beatriz Crujeiras^{a,*} y Fermín Cambeiro^b

^a Departamento de Didácticas Aplicadas, Facultad de Formación de Profesorado, Universidade de Santiago de Compostela (campus de Lugo), Lugo, España

^b Instituto de Educación Secundaria de Melide, Melide, A Coruña, España

Recibido el 13 de septiembre de 2016; aceptado el 9 de enero de 2017
Disponible en Internet el 24 de marzo de 2017

PALABRAS CLAVE

Diseño;
Investigación;
Laboratorio;
Secundaria;
Química

KEYWORDS

Planning;
Investigation;
Laboratory;
Secondary;
Chemistry

Resumen En este trabajo se presenta una actividad diseñada para introducir a los estudiantes de tercer curso de educación secundaria obligatoria (14-15 años) en la planificación de investigaciones en el laboratorio de química. Se utiliza un contexto relacionado con la vida cotidiana: un consorcio de empresas de productos de limpieza que lanza una campaña escolar en la cual solicita colaboración a los estudiantes para desenmascarar a otra empresa rival que acaba de sacar al mercado un detergente muy eficaz llamado Limpics. Para ayudar a los estudiantes en la planificación de la investigación se les proporcionan unas tarjetas de colores con unas cuestiones. Las respuestas a dichas cuestiones, ordenadas de una forma determinada, constituirían la planificación de la investigación. Se analizan los diseños (producciones escritas) elaborados por los estudiantes (N=20) según su contenido y adecuación para resolver la investigación planteada. Los resultados principales muestran que las respuestas de los estudiantes son escuetas y poco precisas.

© 2017 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

How can we assess if Limpics is a fake? Learning to plan investigations in secondary education

Abstract This paper presents a task designed to introduce 9th grade students (14-15 years old) to planning investigations in the Chemistry laboratory. We used a context related to everyday life: an enterprise committee has just launched a campaign in schools in which they ask students

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: beatriz.crujeiras@usc.es (B. Crujeiras).

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

to help them to unmask another who has announced a very efficient detergent called Limpics. To help students in planning the investigation, they were provided with coloured cards containing some questions. Their answers to these questions following a particular order will compose the planning. The analysis consists of examining students' written designs (N=20) depending on their content and adequacy to solve the investigation. The main results point to short and little precise designs.

© 2017 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El diseño o planificación de investigaciones es un aspecto que permite acercar a los estudiantes en primera persona a la forma en la que se trabaja en ciencias, siendo ellos mismos los protagonistas del proceso (NRC, 2012). La planificación de investigaciones en educación secundaria recobra especial relevancia con el nuevo marco de evaluación de la competencia científica en PISA (OECD, 2013), ya que incluye esta práctica como parte de una de las competencias científicas que se evalúan, la «competencia en evaluar y diseñar investigaciones científicas». Dicha competencia comprende operaciones como identificar la cuestión explorada en un determinado estudio científico; distinguir cuestiones que son posibles de investigar científicamente; proponer cómo explorar una cuestión científicamente; evaluar formas de explorar científicamente una determinada cuestión, y describir y evaluar un conjunto de métodos que utilizan los científicos para asegurar la fiabilidad de los datos así como la objetividad y generalización de las explicaciones (OECD, 2013, p. 15). Estas operaciones se consideran también en el currículo de la educación secundaria vigente en España (MECD, 2014), en el que se incluye la actividad científica como bloque de contenidos a trabajar en los 4 cursos de la educación secundaria obligatoria. En dicho bloque se evalúa, entre otros aspectos, la capacidad de los estudiantes para desarrollar pequeños trabajos de investigación en los que se ponga en práctica la aplicación de la metodología científica.

Una forma idónea de que los estudiantes trabajen estos contenidos y a su vez desarrollen la competencia científica puede ser a través de las actividades de indagación en el laboratorio (Crujeiras Pérez, 2014). El enfoque de enseñanza de las ciencias a través de la indagación desempeña un papel relevante ya que, además de promover la participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, requiere la construcción de significados y el desarrollo gradual de destrezas (Grey, 2012). Entre dichas destrezas se encuentran ciertas operaciones características de la investigación científica, como la formulación de preguntas, la planificación de investigaciones, el uso de herramientas para recoger, analizar e interpretar datos, entre otras (NRC, 2000).

En este trabajo nos centramos en la planificación de investigaciones, operación poco frecuente en las aulas de secundaria a pesar de los beneficios que supone para

el aprendizaje de los estudiantes (Gott y Dugan, 1995). Uno de los motivos podría deberse a las dificultades que esta práctica implica tanto para los estudiantes, habituados a realizar experiencias que consisten en seguir una serie de pasos preestablecidos (Girault, d'Ham, Ney, Sánchez y Wajeman, 2012), como para el profesorado, por el gran trabajo y tiempo que supone preparar y llevar a cabo en el aula una actividad de este tipo comparado con una tradicional (Anderson, 2007; Capps, Crawford y Constan, 2012).

En cuanto a la realización de este tipo de tareas en el aula, existen algunos estudios en la literatura que documentan aspectos relacionados con el diseño de investigaciones. Así, autores como Krajcik, Blumenfeld, Marx, Bass y Fredricks (1998) o Zimmerman (2000) señalan que cuando pedimos a los estudiantes que diseñen una investigación para resolver un problema, estos elaboran diseños poco detallados y poco precisos. Otros como Windschitl (2003) subrayan las dificultades asociadas con la formulación de hipótesis. González Rodríguez y Crujeiras Pérez (2016) identifican la propuesta del procedimiento a investigar como una de las partes más complicadas del diseño de investigaciones para los estudiantes de secundaria. Así, debido a las dificultades señaladas, es necesario desarrollar estrategias o instrumentos que faciliten a los estudiantes estas operaciones así como también introducir a los estudiantes en esta práctica de forma progresiva. De esta forma, podríamos conseguir que con el tiempo sean capaces de elaborar diseños sencillos pero adecuados para resolver los problemas que se les pide investigar. También autores como Puntambekar y Kolodoner (2005) señalan la necesidad de proporcionar guías o andamiajes a los estudiantes en la resolución de este tipo de tareas. En este trabajo utilizamos unas tarjetas con una serie de cuestiones relacionadas con el diseño de la investigación adaptadas de la propuesta de Grau (1994) y relacionadas con la tarea a resolver. El objetivo de este trabajo es analizar los diseños realizados por estudiantes de educación secundaria para investigar si el detergente Limpics es un fraude en términos de su adecuación para resolver la investigación.

Metodología de investigación

La metodología se enmarca en el análisis cualitativo del contenido (Schreier, 2012) y consiste en la descripción sistemática del significado del material a través de su clasificación en categorías dentro de un marco de codificación.

Participantes y contexto

Los participantes en el estudio son 20 estudiantes de tercer curso de educación secundaria obligatoria (14-15 años) cursando la asignatura de física y química, que trabajan en pequeños grupos de 4 integrantes cada uno. Los estudiantes no están habituados a realizar investigaciones en el laboratorio, siendo la primera vez que se enfrentan al diseño de la misma.

La tarea (anexo) requiere que los estudiantes, a lo largo de 2 sesiones de 50 min, planifiquen y pongan en práctica una investigación para averiguar si Limpics, un detergente anunciado en los medios como capaz de eliminar todo tipo de manchas en todo tipo de tejidos con tan solo sumergir las prendas en una mezcla de agua y detergente durante 10 min, es un fraude. El contexto presenta una situación que implica a los estudiantes en el proceso de resolución ya que se enmarca en una campaña lanzada por un conjunto de comerciantes de detergentes en la que piden la colaboración de los estudiantes de física y química de los institutos para ayudarles a desenmascarar a Limpics. El cometido de los estudiantes es diseñar una investigación que permita comprobar la posible estafa, poner en práctica el diseño elaborado en el laboratorio y redactar un informe con las pruebas pertinentes para convencer a los consumidores de los resultados obtenidos. En este artículo nos centramos en la parte del diseño de la investigación.

Cabe señalar que el objetivo de la tarea es introducir a los estudiantes en el diseño de investigaciones partiendo de una cuestión de la vida cotidiana como es la mayor o menor eficacia de un detergente para eliminar las manchas. Por tanto, no consideramos relevante examinar los conocimientos sobre detergentes y textiles (cuestión no contemplada en el currículo escolar para la edad de los estudiantes), pero sí las operaciones implicadas en el diseño de la investigación. Esta tarea servirá de base para diseñar y poner en práctica investigaciones sobre otros aspectos contemplados en el currículo, como por ejemplo la identificación de la composición de distintos metales a partir de su densidad.

Para introducir a los estudiantes en el diseño de investigaciones se elaboran unas tarjetas en las que se incluyen preguntas relacionadas con los aspectos a incluir en el diseño que se corresponden con determinadas operaciones de indagación, como se resume en la tabla 1. Cada tarjeta presenta un color diferente; por ejemplo, la relativa a la formulación de hipótesis es de color naranja, o la del control de variables, de color azul. La selección de colores de las tarjetas no guarda relación con las cuestiones que contienen, simplemente se realiza así para que sea más visual y de esta forma llamar la atención de los estudiantes, ya que, como se ha señalado antes, se trata de la primera vez que realizan una tarea de este tipo. Además, esta asociación por colores facilita la puesta en común de los diseños previamente a su puesta en práctica, ya que permite relacionar cada operación con un color sin tener que repetir la pregunta completa cada vez que un grupo comenta sus propuestas.

Con el uso de estas tarjetas no buscamos modelar la forma de trabajar de un científico, sino conseguir que los estudiantes no asocien el trabajo de laboratorio solamente con la experimentación, sino que comprendan que toda investigación implica un proceso de diseño previo. Al igual

Tabla 1 Correspondencia entre las preguntas y las operaciones

| Cuestión proporcionada | Operación |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| ¿Cuál es el problema a investigar? | Identificación del problema |
| ¿Qué pienso que va a suceder? | Formulación de hipótesis |
| ¿Cómo podemos medir la eficacia del detergente? | Selección del criterio de medida |
| ¿Qué materiales y equipamiento necesitamos para investigar la cuestión? | Selección de materiales y equipamiento |
| ¿Qué aspectos van a cambiar en cada prueba de la investigación? | Identificación de variables |
| ¿Qué aspectos vamos a mantener constantes en cada prueba de la investigación? | Control de variables |
| ¿Qué pasos vamos a seguir para investigar la cuestión? | Propuesta de procedimiento |
| ¿Cuántas veces debemos repetir cada prueba para que los resultados sean fiables? | Repetitividad |

que Osborne (2011), consideramos que la metodología científica implica diversas prácticas en función de la cuestión a investigar, por lo que aclaramos que las cuestiones incluidas en las tarjetas son las adecuadas para planificar esta investigación en concreto, pero no necesariamente sirven para cualquier investigación.

Herramientas de toma de datos y análisis

La toma de datos incluye las producciones escritas de los pequeños grupos, es decir, los diseños elaborados a partir de las respuestas a las preguntas de las tarjetas que se proporcionaron.

En cuanto al análisis, este se realiza en 2 niveles diferentes. El primer nivel consiste en examinar las respuestas escritas proporcionadas por los estudiantes en las tarjetas para establecer una serie de categorías que representen los diseños elaborados. Para ello se elabora una rúbrica de tipo analítico que comprende 8 dimensiones relativas a las operaciones de indagación resumidas en la tabla 1. Para cada dimensión se establecen varias categorías que emergen en interacción con los datos (respuestas de los estudiantes) y la literatura (Crujeiras-Pérez y Jiménez-Aleixandre, 2017; OECD, 2013). La rúbrica para el análisis de las producciones de los estudiantes respecto al diseño de la investigación se resume en la tabla 2.

El segundo nivel consiste en la comparación de las categorías identificadas en el primer nivel en términos de su adecuación para resolver la investigación planteada, precisión y nivel de detalle de cada aspecto que comprende el diseño, de acuerdo con un modelo de referencia que se describe en la tabla 3.

Cabe señalar que estas respuestas son orientativas, ya que se trata de una actividad abierta, por tanto, cualquier respuesta similar que permita resolver la investigación se considera adecuada.

Tabla 2 Rúbrica para el análisis de las producciones de los estudiantes

| Dimensión | Categoría |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Identificación del problema | Indica el problema a investigar de forma general |
| | Avanza un resultado sin identificar el problema Asocia el título de la tarea al problema a investigar |
| Formulación de hipótesis | Indica una de las hipótesis posibles, pero incompleta |
| | Avanza un resultado en vez de establecer la hipótesis |
| Selección del criterio de medida | Propone analizar la efectividad del detergente en distintos tejidos, sin considerar distintas manchas |
| | Propone analizar la efectividad con distintas manchas, pero no con diferentes tejidos |
| | Propone un criterio general sin indicar cómo llevarlo a cabo |
| Selección de materiales y equipamiento | Proporciona algunos materiales e instrumentos, pero sin utilizar terminología científica |
| | No indica materiales e instrumentos |
| Identificación de variables | Considera variables aquellas a mantener constantes |
| | Considera variables aquellas a mantener constantes e incluye otras no relacionadas con la investigación |
| | Sin respuesta |
| Control de variables | Señala 3 de las 4 variables a mantener constantes |
| | Indica solo una variable |
| | La respuesta no guarda relación con la investigación |
| Propuesta de procedimiento | Sin respuesta |
| | Indica algunos pasos a seguir, pero no todos los necesarios para completar el proceso |
| | Considera las operaciones generales de la metodología científica como procedimiento a seguir |
| | La respuesta no guarda relación con la pregunta |
| Repetitividad | Indica un mínimo de 3 repeticiones |
| | No especifica un número concreto de repeticiones |

Resultados y discusión

Los resultados correspondientes al primer nivel de análisis se discuten por separado para cada dimensión y se documentan con ejemplos de los pequeños grupos.

a) Identificación del problema. En esta dimensión, 2 de los 5 grupos (G3 y G5) indican el problema a investigar de forma general, sin profundizar en la cuestión. Un ejemplo de respuesta literal es el siguiente: «Comprobar la eficacia del detergente». Los restantes grupos avanzan un

posible resultado de la investigación en vez de indicar el problema (G1 y G2), por ejemplo: «Que Limpics es una estafa porque dependiendo del tipo de tejido algunos detergentes son más eficaces que otros para eliminar las manchas». O asocian el título de la tarea con el problema a investigar sin interpretar la información proporcionada en el guion de la tarea, como se indica en la siguiente respuesta: «Ayúdanos a desmascarar a Limpics».

b) Formulación de hipótesis. En esta dimensión, 4 de los 5 grupos (G2, G3, G4 y G5) indican una de las posibles hipótesis, pero de forma incompleta, tal y como se señala en el siguiente ejemplo proporcionado por el G5: «Que Limpics no funciona con todos los tejidos o que destruye las manchas dañando la ropa». Esta hipótesis se considera incompleta porque no tiene en cuenta la acción que pueda tener el detergente con respecto al resto de detergentes, solo se centra en la acción de Limpics. En cuanto al grupo restante (G1), este avanza un resultado en vez de establecer la hipótesis de partida: «Que Limpics es una estafa porque dependiendo del tipo de tejidos algunos detergentes son más eficaces que otros para eliminar las manchas».

c) Selección del criterio de medida. Para esta dimensión se identifican 3 categorías diferentes. Uno de los grupos (G1) contempla analizar la efectividad del detergente en distintos tejidos pero no con distintas manchas y sin tener en cuenta otros detergentes, como indica su respuesta literal: «Probando el detergente en diferentes tejidos». Otro grupo (G2) contempla analizar la efectividad con distintas manchas, pero no con diferentes tejidos: «Probándolo en ropa con diferentes manchas y si no lo limpiase sería una estafa». Mientras que los 3 grupos restantes (G3, G4 y G5) proponen un criterio de medida general sin indicar cómo llevarlo a cabo: «Mirando si sale la mancha de la ropa al tercer intento».

d) Selección de materiales y equipamiento. En esta dimensión, 4 grupos (G1, G2, G3 y G5) proporcionan parte de los materiales e instrumentos necesarios, aunque no indican los nombres científicos de los instrumentos, tal y como se observa en la siguiente respuesta: «Detergente, vaso para el detergente, ropa para ver si funciona, tina y caldero». El grupo restante (G4) no proporciona ningún material ni instrumento.

e) Identificación de variables. En esta dimensión, uno de los grupos (G1) indica como variables aquellas que en realidad deben mantener constantes (la cantidad de detergente y el tipo de tejidos en cada experimento). Otro de los grupos (G5), además de esto, incluye variables no relevantes para esta investigación, como la presión y la temperatura. Mientras que los 3 grupos restantes (G2, G3 y G4) no responden a esta cuestión.

f) Control de variables. En esta dimensión, uno de los grupos (G1) señala 3 de las 4 variables a mantener constantes (volumen de agua, cantidad de detergente y tiempo), pero no considera como tal el tipo de manchas para cada tejido. Otro grupo (G5) solo indica una de las 4 variables (la cantidad de detergente). Los grupos restantes proporcionan respuestas que no guardan relación con la investigación (G3 y G4) como, por ejemplo, controlar el proceso en todo momento, o no responden (G2). *g) Propuesta de procedimiento.* Para esta dimensión se identifican 3 categorías diferentes. Dos de los grupos (G1 y G3) indican algunos pasos a seguir pero de forma incompleta, ya que faltan algunos para completar el

Tabla 3 Modelo de referencia para la planificación de la investigación

| Cuestión proporcionada | Respuesta de referencia |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿Cuál es el problema a investigar? ¿Qué pienso que va a suceder? | Averiguar si Limpics es tan eficaz como se anuncia a) Limpics puede limpiar tan bien y tan rápido como el resto de detergentes, por tanto será una estafa b) Limpics limpia más rápido y mejor que el resto de detergentes, por lo tanto es más eficaz |
| ¿Cómo podemos medir la eficacia del detergente? ¿Qué materiales y equipamiento necesitamos para investigar la cuestión? | Comparando el tiempo que tardan en desaparecer distintas manchas en diferentes tejidos utilizando Limpics y otros detergentes Muestras de Limpics y otros detergentes, agua, distintos tejidos (por ejemplo, algodón, lana, acrílico), productos para manchar los tejidos Una probeta, pipeta Pasteur, vasos de precipitados (uno para cada detergente a utilizar), varilla de vidrio y un cronómetro |
| ¿Qué aspectos van a cambiar en cada prueba de la investigación? ¿Qué aspectos vamos a mantener constantes en cada prueba de la investigación? | Detergente y eficacia de limpieza (tiempo que tardan en desaparecer las manchas) Volumen de agua, cantidad de detergente, tipo de manchas y de tejidos |
| ¿Qué pasos vamos a seguir para investigar la cuestión? | Primero tenemos que manchar los tejidos y preparar los vasos de precipitados donde vamos a lavar los tejidos (uno para cada detergente) con la misma cantidad de agua y detergente. Después introducimos el mismo tipo de tejidos manchados con las mismas sustancias en cada vaso y empezaremos a medir el tiempo que tardan en desaparecer las manchas. Observaremos las muestras cada minuto anotando el estado de las manchas Por lo menos 3 veces con cada detergente |
| ¿Cuántas veces debemos repetir cada prueba para que los resultados sean fiables? | |

proceso, como por ejemplo partir de manchar los tejidos con varias manchas antes de proceder al proceso de lavado: «1) Llenar la tina de agua y echar detergente; 2) meter la ropa en la tina con detergente; 3) dejar a remojo diez minutos; 4) sacarlo». Como se observa en esta respuesta, además de no indicar el proceso completo, los estudiantes no trasladan la investigación al contexto de laboratorio, ya que no hacen uso de lenguaje científico ni consideran el uso de ningún instrumental de laboratorio. De los grupos restantes, 2 (G4 y G5) consideran las operaciones generales de la metodología científica en vez de especificar el procedimiento, como se identifica en su respuesta: «1) Problema: planteamos una pregunta; 2) hipótesis; 3) diseño de la investigación». Y el grupo restante (G2) proporciona una respuesta que no guarda relación con la investigación.

h) Repetitividad. En esta dimensión, 4 de los 5 grupos (G1, G2, G4 y G5) indican un mínimo de 3 repeticiones, mientras que el grupo restante (G3) no especifica un número concreto sino que indica lo siguiente: «Hasta que salga la mancha».

En cuanto al segundo nivel de análisis, los resultados de la comparación de las respuestas de los estudiantes con base en el modelo de referencia se resumen en 4 categorías:

- *Respuestas adecuadas.* Se incluyen en esta categoría aquellas respuestas que contienen una descripción completa de todos los aspectos necesarios a contemplar en cada cuestión, tomando como base el modelo de referencia para resolver la tarea.

- *Respuestas imprecisas.* Aquellas respuestas que no consideran aspectos concretos como las cantidades de las variables y medidas o el nombre de los materiales a utilizar.
- *Respuestas inadecuadas.* Respuestas que no se ajustan a lo establecido en el modelo para resolver la tarea.
- *Sin respuesta.* El alumno no responde a la cuestión.

En la tabla 4 se resumen los resultados correspondientes a este segundo nivel. Como se representa en dicha tabla, en general, la mayoría de las respuestas a cada tarjeta proporcionadas por los pequeños grupos se consideran inadecuadas o incompletas. Solamente se identifican respuestas adecuadas en las operaciones relativas a la identificación del problema en 2 de los 5 grupos y a la repetitividad de la investigación en 4 grupos.

Además, existen ciertas operaciones, como la formulación de hipótesis o la selección de materiales, para las cuales predomina el número de respuestas incompletas frente al resto, ya que 4 de los 5 grupos se sitúan en este nivel.

En cuanto a las respuestas inadecuadas, se identifican en 3 de los 5 grupos para las operaciones identificación del problema, selección del criterio de medida y propuesta de procedimiento.

Otro resultado a resaltar es el relativo a la identificación de variables, ya que de los 5 grupos solo 2 responden a esta cuestión y lo hacen de forma inadecuada. Cabe señalar que las únicas cuestiones que los estudiantes no responden son aquellas relativas a la identificación y control de variables, lo cual podría ser indicativo de la dificultad asociada

Tabla 4 Adecuación de las respuestas de los estudiantes en función del modelo de referencia

| Dimensión | Adecuada | Incompleta | Inadecuada | Sin respuesta |
|--------------------|----------------|----------------|------------|---------------|
| Problema | G3, G5 | | G1, G2, G4 | |
| Hipótesis | | G2, G3, G4, G5 | G1 | |
| Criterio de medida | | G1, G2 | G3, G4, G5 | |
| Materiales | | G1, G2, G3, G5 | G4 | |
| Variables | | | G1, G5 | G2, G3, G4 |
| Control | | G1, G5 | G3, G4 | G2 |
| Procedimiento | | G1, G3 | G2, G4, G5 | |
| Repetitividad | G1, G2, G4, G5 | | G3 | |

a estas operaciones. A su vez, el hecho de que el número de cuestiones sin responder sea bajo indica un buen nivel de implicación de los estudiantes para resolver la tarea.

En resumen, aunque los resultados no son alentadores, son útiles para conocer cómo se enfrentan los estudiantes por primera vez a la resolución de este tipo de tareas e identificar aquellos aspectos en los cuales necesitan más apoyo docente.

Conclusiones

En general, aunque la tarea constituye un buen recurso para introducir a los estudiantes en el diseño de investigaciones, el análisis de los resultados apunta a la necesidad de más apoyo docente durante el proceso de diseño. El presentar el diseño como la respuesta a una serie de cuestiones es de gran ayuda para planificar la investigación, especialmente cuando los estudiantes se enfrentan a esta tarea por primera vez. Además del apoyo proporcionado a través de las tarjetas, se realizó una puesta en común previa a la fase de experimentación para consensuar un diseño experimental que permitiese llevar a cabo la investigación, moderado por el docente a través de cuestiones abiertas encaminadas a la propuesta de ideas adecuadas por los estudiantes sobre cada operación de indagación y favoreciendo la reflexión sobre la adecuación de las propuestas de cada grupo. A pesar de este apoyo proporcionado, pensamos que para obtener mejores resultados en la planificación de la investigación es necesario favorecer la reflexión e interacción entre grupos durante la fase de diseño y no solo al final de la misma.

En cuanto a los diseños proporcionados por los estudiantes, estos son imprecisos e inadecuados para resolver la investigación, lo que coincide con otros estudios realizados (Krajcik et al., 1998; Zimmerman, 2000). Por tanto, es necesario proporcionarles más oportunidades en las que tengan que diseñar investigaciones para resolver cuestiones concretas. Si pretendemos que los estudiantes desarrollen las competencia en evaluar y diseñar investigaciones científicas (OECD, 2013), debemos proporcionarles oportunidades para hacerlo; sabemos que este tipo de tareas requiere más preparación por parte de los docentes y tiempo en el aula, y a veces es difícil encontrarlo debido a la gran cantidad de contenidos que engloban los currículos de educación secundaria, especialmente en España (MECD, 2014), pero los beneficios que aporta para el aprendizaje de los estudiantes superan dichos impedimentos, tal y como se recoge en la literatura (e.g. Gott y Dugan, 1995; Krystyniak y Heikkinen,

2007). Además, el realizar actividades encaminadas a la mejora de los diseños elaborados, como por ejemplo la evaluación de varias propuestas con base en su adecuación para resolver una cuestión concreta, o la descomposición del diseño en tareas más simples (operación por operación), sería útil para conseguir que los estudiantes elaborasen diseños más completos y adecuados.

Para finalizar, resaltar que aunque en este artículo se describe el proceso de iniciación de los estudiantes en el diseño de investigaciones y los resultados no son del todo satisfactorios, se han identificado mejoras en la capacidad de los estudiantes para pensar cómo resolver una cuestión científica, así como en su creatividad y actitud positiva de cara al estudio de la asignatura, lo que sugiere la necesidad de incorporar este tipo de tareas de forma regular en las aulas.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los y las estudiantes que participaron en el estudio.

Anexo. Enunciado de la tarea proporcionado a los estudiantes

Una empresa acaba de sacar al mercado el detergente Limpics anunciando en los medios que elimina todo tipo de manchas en todo tipo de tejidos poniendo las prendas a remojo en una mezcla de detergente y agua durante solo 10 minutos. El resto de comerciantes de detergentes ven amenazadas las ventas de sus productos y deciden desenmascarar a Limpics basándose en la premisa de que dependiendo del tipo de tejido algunos detergentes son más eficaces que otros para eliminar las manchas, por tanto, Limpics sería una estafa. Para corroborar esto lanzan la siguiente campaña escolar pidiendo la colaboración de los estudiantes de física y química:

Ayudadnos a desenmascarar a LIMPICIS, para eso necesitamos que diseñéis cómo demostrarle a los consumidores que es una estafa. Vuestras propuestas y las pruebas de que LIMPICIS es una estafa debéis entregárselas al profesor para que nos las remita por correo electrónico a la siguiente dirección: ayudanosconlmpicis@dec.com. Aquellos estudiantes que propongan las mejores investigaciones serán premiados

Referencias

- Anderson, R. D. (2007). Inquiry as an organizer theme for science curricula. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 807–830). New York: Routledge.
- Capps, D. K., Crawford, B. A. y Constan, M. A. (2012). A review of empirical literature on inquiry professional development: Alignment with best practices and a critique of the findings. *Journal of Science Teacher Education*, 23, 291–318.
- Crujeiras Pérez, B. (2014). *Competencias e Prácticas científicas no laboratorio de química: participación do alumnado de secundaria na indagación*. Tesis doctoral. Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela.
- Crujeiras-Pérez, B. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2017). High school students' engagement in planning investigations: findings from a longitudinal study in Spain. *Chemistry Education Research and Practice*, 18, 99–112.
- Girault, I., d'Ham, C., Ney, M., Sánchez, E. y Wajeman, C. (2012). Characterizing the experimental procedure in science laboratories: A preliminary step towards students experimental design. *International Journal of Science Education*, 34(6), 825–854.
- González Rodríguez, L. y Crujeiras Pérez, B. (2016). Aprendizaje sobre las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio sobre cuestiones de la vida cotidiana. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 143–160.
- Gott, R. y Dugan, S. (1995). *Investigative work in the Science curriculum*. Buckingham: Open University Press.
- Grau, R. (1994). ¿Qué es lo que hace difícil una investigación? *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2, 27–35.
- Grey, P. (2012). Inquiry-based Science Education in Europe: Setting the Horizon 2020. Agenda for Educational Research? Comunicación presentada en el congreso ECER. Cádiz, España, 17-21 de septiembre.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M. y Fredricks, J. (1998). Inquiry in project- based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3/4), 313–350.
- Krystyniak, R. y Heikkinen, H. W. (2007). Analysis of verbal interactions during and extended, open-inquiry general chemistry laboratory investigation. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1160–1186.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD). (2014). Real Decreto 1105/2014 del 26 de diciembre, por el que se establece el currículo de la educación secundaria obligatoria y del Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, 3, 169–546.
- National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K12 science education: Practices, crosscutting concepts and core ideas*. Washington DC: National Academy Press.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2013). *PISA 2015. Draft science framework*. OECD.
- Osborne, J. (2011). Science teaching methods: A rationale for practices. *School Science Review*, 93(343), 93–103.
- Puntambekar, S. y Kolodoner, J. K. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: Helping students learn science from design. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 185–271.
- Schreier, M. (2012). *Qualitative content analysis in practice*. London. United Kingdom: Sage.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112–143.
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20, 99–149.