

Análisis de las estrategias de apoyo elaboradas por futuros docentes de educación secundaria para guiar al alumnado en la indagación

Beatriz Crujeiras-Pérez

Departamento de Didácticas Aplicadas, Facultad de Formación del Profesorado. Universidad de Santiago de Compostela (Campus de Lugo). Lugo, España.

beatriz.crujeiras@usc.es

[Recibido en enero de 2017, aceptado en marzo de 2017]

El objetivo de este trabajo es examinar el diseño de estrategias de apoyo elaboradas por futuros docentes de educación secundaria para guiar al alumnado en la resolución de una actividad de indagación sobre enlace químico. Los participantes son 17 futuros docentes cursando la asignatura de didáctica de la física y la química del máster de formación de profesorado. Para ello se analizan las producciones escritas de los participantes en términos de adecuación de la información proporcionada a los estudiantes en el guión de la tarea y de las estrategias utilizadas para guiarlos en la indagación. Los resultados principales indican una tendencia general a guiar a los estudiantes en la utilización del contenido científico más que en la indagación.

Palabras clave: Andamiaje; Indagación; Formación Inicial; Profesorado Secundaria

Analysis of the scaffolding strategies developed by pre-service secondary teachers to guide students in inquiry practices

The goal of this study is to examine the teaching strategies developed by pre-service secondary teachers in order to guide students in solving an inquiry-based task about chemical bonding. The participants are 17 pre-service teachers attending a Physics and Chemistry Education course making part of the Master's Degree in Teacher Training. To do so, participants' written products are analysed in terms of the adequacy of the information provided in the handout of the task and of the strategies used to scaffold them in the inquiry process. The preliminary results point to a general tendency to guide students in the use of content knowledge rather than in inquiry.

Keywords: Scaffolding; Inquiry; Initial teacher-training, secondary teachers.

Para citar este artículo: Crujeiras-Pérez, B. (2017) Análisis de las estrategias de apoyo elaboradas por futuros docentes de educación secundaria para guiar al alumnado en la indagación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2), 473–486. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/19230>

Introducción

El aprendizaje de las ciencias a través de la indagación es ampliamente reconocido como una de las dimensiones principales en didáctica de las ciencias experimentales. En la actualidad, este aspecto forma parte del enfoque de aprendizaje a través de las prácticas científicas, es decir, aquéllas utilizadas por los científicos para extender y refinar el conocimiento (NRC, 2012). Aunque este enfoque tiene su origen y desarrollo en Estados Unidos, cabe señalar que en España el aprendizaje de las ciencias coherente con la metodología científica ha sido demandado desde la década de 1980. Así, Gil (1983) propone un nuevo paradigma de la enseñanza de las ciencias, acorde con la metodología científica, en el que se concibe la ciencia como una actividad social, colectiva y orientada al desarrollo científico. Este mismo autor señala la necesidad de plantear la familiarización con la metodología científica como un objetivo ligado a la adquisición significativa de conocimientos (Gil, 1986), así como la reorientación de las prácticas de laboratorio de forma que constituyan actividades de investigación (Gil y Valdés, 1996). Actualmente este enfoque se pone de manifiesto a través

del desarrollo de las competencias científicas (OECD, 2013): explicar fenómenos científicos, evaluar y diseñar indagaciones científicas e interpretar datos y pruebas científicamente.

La inclusión de la evaluación y diseño de indagaciones científicas como parte de las competencias científicas, pone de manifiesto la relevancia de realizar en el aula actividades de indagación que impliquen diseñar investigaciones científicas. Como indica Osborne (2014), esta competencia científica se desarrolla, por ejemplo, promoviendo la participación de los estudiantes en el diseño de investigaciones empíricas para comprobar hipótesis. Aunque como indica este autor, este elemento de la indagación está presente en pocas aulas debido a múltiples factores, entre los que se encuentran las dificultades que experimentan los estudiantes a la hora de planificar investigaciones (Windschitl, 2003), o falta de familiarización del profesorado con esta práctica (Capps, Crawford y Costas, 2012).

En el contexto de la didáctica de la química, introducir la indagación y el diseño de investigaciones es especialmente difícil, debido a la complejidad y nivel de abstracción del tipo de conocimiento que los estudiantes tienen que aprender y aplicar. En el caso del enlace químico, su comprensión y aplicación requiere la movilización de numerosos contenidos y prácticas como, por ejemplo, el uso y evaluación de modelos (Bergqvist, Drechsler, De Jong y Rundgren, 2013; Coll y Tregust, 2003; Ozmen, 2004). Por tanto, aprender y saber aplicar este conocimiento es complicado no solo por el nivel de abstracción que ello implica, sino también por la necesidad de comprender distintos modelos y relacionarlos con otras propiedades (Nimmermark *et al.*, 2016).

Trabajar el enlace químico a través de actividades de indagación es beneficioso para el aprendizaje, pero a la vez complicado debido a la falta de familiarización de los estudiantes con esta práctica. Por ello es necesario desarrollar recursos y estrategias de apoyo que guíen a los estudiantes (Putambekar y Kolodner, 2005), pero también formar al profesorado sobre cómo guiar a los estudiantes en el diseño de investigaciones y su puesta en práctica (Crujeiras-Pérez y Jiménez-Aleixandre, 2015; Van der Valk y De Jong, 2009). Ante la necesidad de formar al profesorado sobre cómo promover la indagación, para conseguir que realicen más actividades de este tipo en el aula, en este artículo se examinan las estrategias de apoyo diseñadas por futuros docentes de física y química de educación secundaria, que cursan un módulo de formación en el que se aborda cómo promover las competencias y prácticas científicas en el aula.

Los objetivos de la investigación que se presenta son los siguientes:

1. Analizar el tipo de información proporcionada en el guión de la tarea, y las estrategias de apoyo diseñadas por los participantes, para guiar a los estudiantes de secundaria en la resolución de una actividad de indagación en el laboratorio sobre enlace químico.
2. Examinar la evolución en el diseño de estrategias de apoyo de los participantes.

Fundamentación teórica: estrategias para guiar a los estudiantes en la indagación

En el aprendizaje de la química, los estudiantes presentan numerosas dificultades para comprender y aplicar sus conocimientos en la resolución de problemas y cuestiones. Como señalan Hilton y Nichols (2011), muchas de las dificultades se deben al uso de estrategias de enseñanza poco adecuadas, aunque no siempre es fácil encontrar estrategias útiles, que permitan visualizar la comprensión de los estudiantes, especialmente en temas abstractos como el enlace químico (Bergqvist *et al.*, 2013). Distintos autores (e.g. Kukkonen *et al.*, 2014;

Wu y Pedersen, 2011) señalan que el andamiaje es una estrategia de apoyo adecuada para guiar a los estudiantes en contextos de aprendizaje complejos, como el del enlace químico.

La noción de andamiaje se utiliza para referirse al proceso por el cual una persona con más conocimiento ayuda a otra a resolver tareas que no sería capaz de realizar por sí mismo (Wood, Bruner y Ross, 1976). Se basa en el concepto de zona de desarrollo próximo (Vigotsky, 1979), que refleja la distancia entre el nivel de desarrollo actual del aprendiz (alumno), determinado por las actividades que puede realizar sin ayuda, y el nivel de desarrollo potencial, determinado por la resolución de tareas bajo la supervisión de una persona más capacitada (el profesor). En los procesos de andamiaje intervienen distintos elementos como la ayuda al alumnado para articular sus pensamientos e ideas (Quintana *et al.*, 2004), el apoyo sobre cómo realizar la tarea y la reflexión sobre por qué la tarea debe resolverse de una forma determinada (Hmelo-Silver, Duncan y Chinn, 2007).

En la literatura se identifican distintas estrategias de andamiaje, tanto generales como específicas, para los procesos de indagación. A nivel general, Reiser (2004) propone dos: a) estructurar la tarea, descomponiéndola en varias más manejables para el alumnado y b) problematizar la tarea para animar al alumnado a expresar sus ideas, tomar decisiones y manifestar las opiniones. De forma más específica, Van de Pol, Volman y Beishuizen (2010) identifican seis estrategias: retroalimentación, pistas, instrucción, explicación, modelización y preguntas.

En cuanto a estrategias específicas para indagación, Holbrook y Kolodner (2000) proponen cuatro acciones, teniendo en cuenta que el alumnado trabajará en pequeños grupos: 1) problematizar la tarea para hacerlos dudar sobre la cuestión a investigar, ayudarles a formular preguntas relevantes y a proponer soluciones iniciales; 2) utilizar la pizarra para compartir las cuestiones a investigar y anotar lo que se va aprendiendo, para recibir retroalimentación sobre sus ideas iniciales, por parte del profesor y de los compañeros; 3) proponer la elaboración de un diseño a cada grupo y el análisis de las propuestas de todos, la puesta en práctica de los diseños y el uso de los datos para revisar los diseños; y 4) pedir a cada grupo que elabore una presentación para explicar el diseño inicial y final a toda la clase. Otros autores como Hsu, Lai y Hsu (2015) utilizan cuatro elementos de andamiaje: estructura de la actividad, motivaciones escritas, herramientas de visualización, apoyo docente.

Además de estudios que identifican estrategias de andamiaje, otros analizan el proceso de formación docente en éstas. Van der Valk y De Jong (2009) elaboran tres estrategias de andamiaje y examinan cómo el profesorado las utiliza en sus aulas. En otros estudios, el profesorado se forma en el uso de modelos como el 5E (Engagement-Exploration-Explanation-Elaboration-Evaluation) para ayudar a los estudiantes a estructurar el proceso de indagación (Van Hook, Huziak-Clark, Nurnberger-Haag, y Ballone- Duran, 2009), el ciclo de la indagación (Luft, 2001) o la estrategia Predicción-Observación-Explicación (Rushton, Lotter, y Singer, 2011).

Otros autores encuentran que el profesorado en formación incorpora las prácticas de planificación y puesta en práctica de investigaciones, así como el análisis e interpretación de resultados cuando adquieren experiencia en la indagación (Jansse, Westbroek y Doyle, 2014). Lin *et al.* (2012) examinan el impacto de la reflexión colaborativa en un grupo de profesorado que se formaba sobre indagación, obteniendo resultados beneficiosos para la formación docente. Gillies y Nichols (2015) analizan el proceso de formación de profesorado sobre indagación a través del uso de estrategias de aprendizaje cooperativo, obteniendo actitudes positivas de los participantes hacia la implementación de la indagación en el aula.

Además de estrategias de apoyo para la indagación, en la literatura existen estudios que utilizan estrategias específicas para la enseñanza y aprendizaje del enlace químico. Frailich, Kesner y Hofstein (2009) utilizan actividades web como apoyo a las explicaciones del profesor para relacionar la teoría del enlace químico trabajado en el aula con los modelos visuales que observan en las actividades de la web. Otros estudios como el de Chang y Chang (2013) utilizan la descomposición de tareas como estrategia de apoyo para la evaluación de modelos moleculares de una reacción química.

En resumen, existen numerosas estrategias de andamiaje, pero su efectividad depende de la capacidad del profesorado para seleccionar y utilizar las más adecuadas en cada contexto. En este trabajo analizamos el tipo de estrategias que propone el profesorado en formación para guiar al alumnado de secundaria tanto en la indagación como en la aplicación del conocimiento sobre el enlace químico.

Metodología

Este trabajo se enmarca en la investigación cualitativa, en particular en el análisis cualitativo del contenido (Schreirer, 2012) ya que consiste en la descripción del significado del material, a través de su clasificación en categorías dentro de un marco de codificación.

Participantes y contexto

Los participantes en este estudio son 17 futuros docentes cursando el máster en formación de profesorado de educación secundaria. La investigación se lleva a cabo en la asignatura de didáctica de la física y la química, en la cual se trabajan los contenidos a través de la indagación en pequeños grupos de tres y cuatro integrantes. En el momento de la investigación, los participantes tienen conocimientos sobre el enfoque de indagación y cómo introducirlo en el aula, ya que habían trabajado sobre estos aspectos a través de cuestiones prácticas, diseñando y resolviendo tareas de indagación e identificando las operaciones implicadas en las tareas realizadas. Además habían utilizado distintos recursos para guiar a los estudiantes en la indagación, así como evaluado la utilidad de distintas estrategias para promoverla, como la descomposición de la investigación en tareas más pequeñas y el uso de preguntas abiertas para completar la planificación de la investigación.

Descripción de la tarea

La tarea consiste en completar el diseño de una actividad de laboratorio sobre enlace químico, dirigida a estudiantes de 4º de ESO, incluyendo información para resolver la tarea y estrategias de apoyo para la indagación. Para ello se les proporciona un extracto del guión de la misma, el cual se reproduce a continuación:

Como responsables del laboratorio de análisis químico del ayuntamiento tenéis que analizar unas muestras de agua procedente del río de la zona, debido a una denuncia por posible contaminación producida por alguna de las fábricas situadas en el polígono industrial por el que pasa el río. Entre las fábricas que operan en el polígono se encuentran:

- 1. Salazones Martínez: se dedican a la salazón casera de bacalao utilizando sal marina de alta calidad.*
- 2. Pirotecnia Estelar: son expertos en la fabricación de bombas de palenque y fuegos de artificio. Utilizan carbón vegetal y compuestos de azufre.*
- 3. Repostería La Rica: Fabrican dulces artesanos, no utilizan adictivos, solo harina, agua, azúcar y manteca.*
- 4. Mármoles Pancho: fabrican las mejores encimeras de la zona, son especialistas en granito y mármol.*

Para solucionar el problema debéis encontrar la fábrica o fábricas responsables del vertido.

Además del extracto de la tarea, se indican ciertos aspectos que los participantes tienen que considerar para elaborar sus estrategias de apoyo; por ejemplo, que la tarea está diseñada para trabajar el enlace químico a través de la indagación en el laboratorio. Por tanto necesitan incorporar algún elemento que lleve a los estudiantes a utilizar ese conocimiento y, dado que la tarea es de indagación, no pueden cerrar el nivel de apertura de la misma, por ejemplo proporcionándoles los pasos que tienen que seguir para investigar la cuestión.

Esta tarea de diseño se analiza en dos momentos a lo largo del semestre: durante el curso y al final del mismo a modo de evaluación.

Herramientas de toma de datos y de análisis

La toma de datos incluye las producciones escritas de los pequeños grupos. Además se utilizan las notas derivadas de la observación de la docente durante la resolución de la tarea, y de las dudas planteadas por los participantes a la hora de diseñar los apoyos.

Para el análisis se elabora un marco de referencia sobre la información que deberían proporcionar los participantes, con el fin de conseguir que los estudiantes apliquen el conocimiento sobre enlace químico y que el proceso de resolución sea a través de la indagación científica. Este marco es el siguiente:

– Referencia al enlace: deberían incluir información sobre el conocimiento científico a utilizar, ya que tal y como se les planteó la actividad podrían trabajarse otros contenidos diferentes, sin necesidad del enlace.

– Referencia al tipo de propiedades que pueden presentar las sustancias en función del enlace: información relativa a las propiedades físicas que presentan las sustancias en función de su tipo de enlace para poder diseñar las pruebas de identificación de los componentes de la muestra. Por ejemplo, deberían hacer referencia a la solubilidad en agua y conductividad eléctrica que pueden presentar las sustancias según su tipo de enlace.

– Referencia a la planificación de la investigación: deberían incluir un apartado en el que se requiera el diseño de la investigación previo a la experimentación.

– Referencia a la interpretación de resultados y establecimiento de conclusiones: al igual que en la planificación, debería especificarse la necesidad de establecer una conclusión de la indagación derivada de la interpretación de los resultados.

Además de la información anterior, se espera que utilicen determinadas estrategias de apoyo, como alguna herramienta para facilitar la comprensión de la información proporcionada en la tarea y conectarla con el conocimiento científico a aplicar, así como algún recurso o información de apoyo para la planificación de la investigación o para la interpretación de los resultados.

Resultados

Los resultados correspondientes se presentan por separado para cada pregunta de investigación y se documentan con ejemplos de los participantes.

Análisis de los aspectos de apoyo propuestos para resolver la tarea de indagación.

Los aspectos de apoyo que los participantes incluyen en sus propuestas se resumen en la tabla 1. Se distinguen dos tipos: por un lado, el tipo de información que los participantes incluyen

en el guión de la tarea y, por otro, las estrategias de apoyo que utilizan para proporcionar la información. En cuanto a las estrategias, a pesar de que pueden proporcionarse de distintas formas (en el propio guión de la tarea, como recurso adicional, de forma oral, etc.), los participantes las incluyen solo en el guión de la tarea.

Tabla 1. Información y estrategias propuestas por cada grupo para guiar al alumnado en la resolución de la tarea.

Información sobre	Estrategia	Grupos
Enlace	Preguntas abiertas	G1, G2, G3, G5
	Información directa en el guión	G4
	Tarea previa a la investigación	G2, G5
Propiedades	Preguntas abiertas	G2, G3, G5
	Información directa en el guión	G1, G4
	Tarea previa a la investigación	-
Planificación	Preguntas abiertas	-
	Información directa en el guión	G1
	Tarea previa a la investigación	-
Resultados y Conclusiones	Preguntas abiertas	-
	Información directa en el guión	-
	Tarea previa a la investigación	-

Como se resume en la tabla 1, existen determinados aspectos que unos grupos consideran en mayor medida que otros, por ejemplo la información relativa a la aplicación del conocimiento teórico o el uso de preguntas abiertas como estrategia de apoyo.

Análisis de la información incluida en el guión de la tarea por los pequeños grupos

En esta sección se examina el tipo de información proporcionada en el guión de la tarea.

a. Referencia al enlace

Esta categoría se identifica en los cinco pequeños grupos, pero existen distintos ejemplos más o menos adecuados para el propósito que se persigue. Los grupos G2 y G5 son los que proporcionan información más completa, ya que combinan dos estrategias de apoyo. Proponen una tarea previa a la planificación que consiste en identificar los tipos de enlace presentes en cada una de las materias primas utilizadas por las fábricas sospechosas de contaminación. G2 elabora el siguiente apoyo: "¿Qué tipos de enlace hay? Clasifícalos para cada una de las sustancias que utilizan las fábricas". G5 propone un ejemplo similar.

G1 no solo señala la necesidad de aplicar el conocimiento sobre el enlace, sino que proporciona una instrucción directa sobre cómo utilizar dicho conocimiento, incluyendo la siguiente información: "Considera las propiedades de los enlaces químicos presentes en los residuos de las fábricas a la hora de realizar el experimento". Además, menciona dos tipos de enlace químico a tener en cuenta, el iónico y el covalente, a través de la formulación de la siguiente pregunta: "¿Qué propiedades diferencian el enlace covalente del enlace iónico?"

G3 formula preguntas abiertas para que los estudiantes apliquen su conocimiento sobre el enlace químico, por ejemplo: "¿Qué tipo de enlace tiene cada sustancia utilizada por las fábricas?". Mientras que G4 hace referencia al enlace proporcionando una instrucción directa: "Para descartar sustancias contaminantes ten en cuenta el tipo de enlace".

b. Referencia a las propiedades de las sustancias en función del enlace

Esta categoría se identifica también en los cinco grupos, siendo la información proporcionada similar en todos. Así, G1 y G4 proporcionan información directa sobre la necesidad de considerar las propiedades físicas que presentan las sustancias en función de su enlace, siendo más precisa la de G4, que hace referencia a propiedades concretas: "Para descartar sustancias

contaminantes ten en cuenta el tipo de enlace y propiedades físicas: solubilidad, turbidez". Los tres grupos restantes proporcionan esta información a través de preguntas abiertas; por ejemplo, G2 formula la siguiente: "¿En qué propiedades te basarías para saber qué compuestos están presentes?". Los otros dos grupos proponen preguntas similares.

c. Referencia a la necesidad de planificación

Esta categoría solo se identifica en el G1, que proporciona información directa sobre la misma, incluyendo al final del texto lo siguiente: "Elabora un diseño experimental para averiguar qué fábrica o fábricas son las responsables del vertido".

d. Referencia a la interpretación de resultados y establecimiento de conclusiones

Esta categoría no se identifica en ningún grupo, a pesar de haberlo trabajado en el aula a través de distintas actividades.

En resumen, los grupos se preocupan más de guiar a los estudiantes en la aplicación del conocimiento teórico relevante para resolver la tarea que de promover su resolución a través de la indagación. Además, como se describe en los ejemplos literales de los participantes, identificados entre comillas, los apoyos elaborados por los docentes en formación los dirigen a los estudiantes desde una perspectiva individual (por ejemplo "ten en cuenta el tipo de enlace" o "¿en qué propiedades te basarías...?"), lo cual sugiere que no están considerando la necesidad de trabajar en grupo; un aspecto característico de la investigación científica.

Análisis de las estrategias de apoyo propuestas por los pequeños grupos

En este apartado se examina el tipo de estrategias de apoyo propuestas por los participantes. Como se detalla en la tabla 1, las estrategias son diferentes, siendo las preguntas abiertas y la información de apoyo, incluida en el guión de la tarea, las utilizadas con mayor frecuencia.

Las preguntas abiertas se formulan con fines distintos: para recordar los contenidos teóricos que los estudiantes deberían aplicar en la resolución de la tarea; por ejemplo relativas a los tipos de enlace existentes (G2), o para diferenciar las propiedades que presentan las sustancias con distintos tipos de enlace (G1). En otros casos se utilizan para promover la aplicación de la información proporcionada en el guión; por ejemplo las propuestas por G2: "¿Todas las sustancias se disuelven? ¿Cómo descartarías al resto de componentes de la muestra?".

En cuanto a la información de apoyo incluida en el guión de la tarea, se utiliza en cuatro ocasiones (en G1 y G4), con distinto nivel de concreción. G4 incluye información sobre el conocimiento teórico a aplicar en la investigación a modo de instrucción directa; por ejemplo: "Para descartar sustancias contaminantes ten en cuenta el tipo de enlace y propiedades físicas: solubilidad, turbidez". Mientras que G1 proporciona algunos de los materiales que van a tener a su disposición para investigar: "Para ayudaros en vuestra investigación tendréis agua, acetona, HCl y un circuito eléctrico", lo cual cierra el nivel de apertura de la indagación al no tener que planificar los materiales y equipamiento necesario para llevar a cabo la investigación.

En relación con la inclusión de una tarea previa a la investigación en el guión, esta estrategia solo se identifica en dos grupos (G2 y G5), quienes la utilizan con el mismo propósito: relacionar los tipos de enlace con sus propiedades para poder utilizarlas en el diseño de la investigación. En el caso de G5, cabe señalar que la tabla propuesta, aunque es buena idea, no permite la asociación de las propiedades que los estudiantes necesitan relacionar con los tipos de enlace, ya que incluye aspectos no relevantes para la identificación de las posibles sustancias contaminantes, como, por ejemplo, la temperatura de ebullición o el brillo, obviando otras más importantes como su solubilidad en agua.

Cabe señalar que las estrategias propuestas por los docentes en formación se centran en el contenido teórico a aplicar para resolver la tarea, y no en el apoyo a la indagación. De todas las estrategias utilizadas, solo una hace referencia a la planificación de la investigación, y de forma poco adecuada (información directa en el guión en G1), a pesar de haber trabajado con distintos recursos encaminados a este fin durante el transcurso de la asignatura. Esto pone de manifiesto que la comprensión de contenidos teóricos sigue siendo lo más relevante para los participantes.

Evolución en el diseño de apoyos para facilitar la indagación

En este apartado se analizan las producciones de los participantes al final del semestre y se comparan con los resultados de la fase de aprendizaje discutida en el apartado anterior. Entre ambas fases, los participantes han realizado más actividades de indagación y examinado las dificultades de aprendizaje que pueden presentarse en el aula de secundaria cuando se realizan este tipo de actividades. Además, se ha abordado el desarrollo de las tres competencias científicas y analizado cómo promover su desarrollo a través de actividades de aula. Esta formación adicional podría contribuir a la evolución de la capacidad de los participantes para diseñar estrategias de apoyo docente.

Tabla 2. Información y estrategias propuestas por los docentes en formación al final del semestre.

Información sobre	Estrategia	Grupos
Enlace	Preguntas abiertas	G3, G4
	Información directa en el guión	G1, G3, G4, G5
	Tarea previa a la investigación	G5
	Pistas	G2, G4, G5
	Recurso de apoyo	G3
Propiedades	Preguntas abiertas	G1,G2, G3, G4
	Información directa en el guión	G1, G2, G3, G4, G5
	Tarea previa a la investigación	G5,
	Pistas	G1, G2, G4, G5
	Recurso de apoyo	G3
Planificación	Preguntas abiertas	G1, G4
	Información directa en el guión	G2, G4
	Tarea previa a la investigación	-
	Pistas	G4
	Recurso de apoyo	-
Resultados y Conclusiones	Preguntas abiertas	G1
	Información directa en el guión	G1,G2,G4
	Tarea previa a la investigación	-
	Pistas	-
	Recurso de apoyo	-

Como se resume en la tabla 2, los participantes proponen el uso de cinco estrategias: preguntas abiertas, información directa en el guión, uso de una tarea previa a la investigación, pistas y uso de un recurso de apoyo. Además la frecuencia con la que se utilizan las distintas estrategias es variada, predominando el uso de información directa en el guión de la actividad, que se identifica en 14 ocasiones. Aunque es la más utilizada, no es la estrategia de apoyo más oportuna en un enfoque de indagación, el cual demanda un aprendizaje en el que el estudiante adopte un papel activo y de razonamiento.

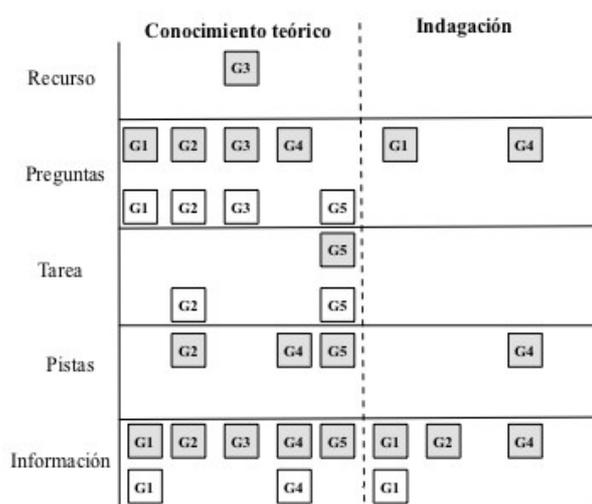
Otras estrategias propuestas son el uso de preguntas abiertas o pistas, pero se utilizan en menor medida. Las preguntas abiertas se utilizan para hacer referencia a las propiedades físicas de las sustancias (cuatro de los cinco grupos), al enlace y la planificación de la investigación (dos grupos), y a los resultados y conclusiones (un grupo). En cuanto al uso de pistas, se utiliza para introducir las propiedades físicas y hacer referencia a la necesidad de aplicar el

conocimiento sobre enlace, en cuatro y tres grupos respectivamente. Mientras que solo un grupo la utiliza para promover la planificación de la investigación.

El resto de estrategias, como la propuesta de tareas previas a la indagación, o el uso de recursos de apoyo a la planificación, se identifican solamente en los grupos G5 y G3 respectivamente, utilizándolas tanto para hacer referencia al enlace como a sus propiedades.

En cuanto a los recursos de apoyo a la planificación, se propone el uso de una base de orientación con información para comprender el conocimiento teórico a aplicar. Además, varios grupos proponen la combinación de distintas estrategias para un mismo tipo de información; especialmente aquellos relacionados con la aplicación del conocimiento sobre las propiedades de las sustancias en función del enlace, para el cual cuatro de los cinco grupos (G1, G2, G4 y G5) combinan tres estrategias diferentes. Lo mismo sucede para el enlace químico, en el que tres grupos (G3, G4 y G5) combinan tres estrategias para introducir su aplicación en el guión de la actividad.

A continuación se examina la evolución de los participantes en el uso de estrategias de apoyo mediante la comparación de sus producciones en el inicio y fin del proceso de enseñanza aprendizaje. Los resultados se resumen en la figura 1. Para una mejor identificación de la evolución se agrupan los aspectos relativos al tipo de información proporcionada en la tarea en dos bloques: el conocimiento teórico, que engloba el enlace químico y las propiedades de las sustancias, y la indagación que incluye la planificación de la investigación, interpretación de resultados y establecimiento de conclusiones.



Leyenda: □ producción al inicio del estudio; ■ producción al final; G1, G2, G3, G4, G5: grupos 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente

Figura 1. Producciones de los participantes al inicio y fin del estudio.

Como se describe en la figura 1, a nivel general se observa una ligera evolución, ya que al final del estudio los participantes proponen el uso de cinco estrategias (recurso, preguntas, tarea, pistas e información) frente a las tres del inicio (preguntas, tarea e información). Además se observa un aumento de las referencias a la indagación (seis al final del estudio frente a una al inicio); aunque no es suficiente ya que los participantes siguen centrando su apoyo en el conocimiento teórico. Esto pone de manifiesto la necesidad de realizar más actividades prácticas en las que los participantes tengan que diseñar tareas de indagación. Como señalan Jansse *et al.* (2014), las prácticas de indagación del profesorado en formación evolucionan

cuando son capaces de incorporarlas a su conocimiento actual y esto solo se consigue con la práctica.

En cuanto a la evolución individual de los grupos se observan diferencias. G1 mantiene el tipo de estrategias utilizadas para introducir el conocimiento teórico, pero combina dos estrategias para la indagación (preguntas e información directa). G2 combina más estrategias diferentes para hacer referencia al contenido teórico que al inicio del estudio (tres frente a dos) y añade una referencia a la indagación a través de información directa en el guión. G3 evoluciona solamente en el uso de estrategias de apoyo para introducir el conocimiento teórico, ya que sigue sin hacer referencia a la indagación. G4 es el grupo que más evoluciona ya que combina tres estrategias para guiar en la indagación, mientras que al inicio no hacía referencia a este aspecto. Además este grupo utiliza dos estrategias más que al inicio para guiar en la aplicación del conocimiento teórico.

Para finalizar, G5 es el único grupo que involuciona al final del estudio. Además de no considerar el apoyo para la indagación, propone el uso de estrategias más cerradas que al inicio del estudio, pasando de guiar en la aplicación del conocimiento teórico, a través de preguntas abiertas y la realización de una tarea previa, a proporcionar pistas e información directa. Esta involución podría estar relacionada con la baja implicación de los participantes de este grupo en el aprendizaje de la asignatura, ya que aunque no es objeto de este estudio, los integrantes de este grupo son los que peores resultados obtuvieron en todas las actividades de aula realizadas a lo largo del semestre.

En resumen, a pesar de la evolución en la combinación de estrategias de apoyo, todavía son pocos los grupos que consideran la necesidad de guiar a los estudiantes en la indagación. Esto indica que los participantes anteponen la aplicación adecuada de los contenidos a la resolución de la tarea a través de la indagación. Además, de los numerosos recursos y estrategias de apoyo identificados en la literatura y trabajados en el aula, los participantes se centran en incorporar dicho apoyo en el propio guión de la tarea, obviando otro tipo de propuestas como la reflexión colaborativa (Lin *et al.*, 2012), o el uso de actividades web como complemento al guión de la tarea (Frailich, Kesner y Hofstein, 2009), que podrían ser de utilidad.

Conclusiones e implicaciones educativas para la formación inicial de profesorado de secundaria

En este trabajo se analiza el tipo de estrategias propuestas por cinco pequeños grupos de futuros docentes de secundaria para guiar al alumnado tanto en la indagación como en la aplicación del conocimiento sobre el enlace químico.

Este estudio proporciona una aproximación general sobre cómo los participantes aplican el conocimiento aprendido sobre estrategias docentes encaminadas a promover la indagación en el aula. Esto es importante porque dependiendo de las estrategias que el docente utilice, tanto desde el diseño de tareas como desde las propias actuaciones en el aula, los estudiantes participarán en mayor o menor medida en los procesos de indagación.

Los resultados generales apuntan al predominio de los aspectos relacionados con conocimiento científico a aplicar y del uso de preguntas abiertas como estrategia de apoyo. Cabe señalar que en muchos casos la información proporcionada, especialmente aquella relacionada con las propiedades o los tipos de enlace químico es irrelevante o inadecuada para resolver la tarea. Por tanto, existe la necesidad de proporcionar más formación a los futuros docentes; por ejemplo, sobre el tipo de lenguaje a utilizar en el diseño de tareas, y ofrecer más oportunidades para diseñar intervenciones de aula. La razón es que, aunque poseen los conocimientos científicos necesarios sobre enlace químico para resolver la tarea, la

transposición didáctica de los mismos no es adecuada para un aula de educación secundaria. Esta cuestión es muy relevante ya que, como señalan Hilton y Nichols (2011), el uso de estrategias poco adecuadas puede conllevar el desarrollo de dificultades de aprendizaje.

En cuanto a la evolución de los participantes en el diseño de estrategias de apoyo, se observa una ligera mejoría en cuanto al uso de estrategias más alineadas para el enfoque indagativo, predominando aquellas que requieren razonamiento y aplicación de conocimiento sobre las que proporcionan información directa. Aunque habían trabajado previamente con numerosas estrategias como la descomposición de tareas (Reiser, 2004), o el uso de las cuatro fases propuestas por Holbrook y Kolodner (2000), los participantes se centran en estrategias escritas incluidas en el guión de la tarea.

A pesar de la evolución en el uso de estrategias de apoyo más adecuadas para la indagación, todavía siguen considerando más relevante la introducción de contenidos teóricos relacionados con el enlace químico y sus propiedades. Por ello, las implicaciones educativas que emergen del estudio van en la línea de proporcionar más oportunidades a los futuros docentes para resolver tareas de indagación. Como señalan Gillies y Nichols (2015), cuando los docentes experimentan de primera mano el proceso de indagación son capaces de identificar los beneficios que supone para el aprendizaje de los estudiantes, pero también de reconocer las dificultades que pueden surgir a la hora de llevarla a cabo en el aula. Por tanto, pensamos que resolver la tarea antes de diseñar las estrategias de andamiaje podría contribuir a mejorar las propuestas de los participantes para guiar en la resolución de la tarea de indagación.

Participar en la resolución de actividades de indagación es necesario para que sus estrategias de apoyo estén más alineadas con este enfoque, ya que conocer de primera mano las dificultades y requerimientos que este implica, proporciona información relevante para la práctica docente. Al igual que Osborne (2014) señala que la mejor forma de aprender ciencias es a través de la participación en los procesos de indagación en el aula de forma regular, el profesorado debería hacer lo propio antes de elaborar sus diseños al respecto. Consideramos que para mejorar en el diseño de apoyos docentes para la indagación deben tener más oportunidades para diseñar estas estrategias y evaluar su adecuación. Como señalan Biggers y Forbes (2012), el profesorado en formación generalmente adquiere conocimientos para la práctica docente (comprensión de teorías y enfoques metodológicos, estrategias de enseñanza, evaluación, etc), pero debería tener suficientes oportunidades para aplicarlos. Dado que los participantes en este estudio son futuros docentes de educación secundaria, estas oportunidades podrían obtenerse de la combinación de actividades de diseño como la analizada en este trabajo, su realización en el aula de secundaria durante el Practicum y su posterior evaluación; una cuestión que será objeto de análisis en futuras investigaciones.

Agradecimientos

Este estudio está financiado por el proyecto EDU2015-6643-C2-2-P, del Ministerio de Economía y Competitividad. La autora agradece a los alumnos y alumnas que participaron en el estudio, así como a los evaluadores de la revista por sus sugerencias para la mejora de la calidad del artículo.

Referencias bibliográficas

Bergqvist, A., Drechsler, M., De Jong, O. y Rundgren S.C. (2013). Representations of chemical bonding models in school textbooks-help or hindrance for understanding? *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 589-606.

- Biggers, M., Forbes, C. T. (2012). Balancing teacher and student roles in elementary classrooms: pre-service elementary teachers' learning about the inquiry continuum. *International Journal of Science Education*, 34(14), 2205-2229.
- 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.
- Chang, H-Y., y Chang, H-C. (2013). Scaffolding students' online critiquing of expert-and peer-generated molecular models of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2028-2056.
- Coll, R. K., y Treagust, D. F. (2003). Learners' mental models of metallic bonding: a cross-age study. *Science Education*, 87, 685-707.
- Crujeiras Pérez, B., y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2015). Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 63-84.
- Frailich, M., Kerner, M., y Hofstein, A. (2009). Enhancing students' understanding of the concept of chemical bonding by using activities provided on an interactive website. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(3), 289-310.
- Gil Pérez, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-33.
- Gil Pérez, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 111-121.
- Gil Pérez, D., y Valdés Castro, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 155-163.
- Gillies, R., y Nichols, K. (2015). How to support primary teachers' implementation of inquiry: teachers' reflections on teaching cooperative inquiry-based science. *Research in Science Education*, 45, 171-191.
- Hilton, A., y Nichols, K. (2011). Representational classroom practices that contribute to students' conceptual and representational understanding of chemical bonding. *International Journal of Science Education*, 33(16), 2215-2246.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., y Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42, 99-107
- Holbrook, J., y Kolodner, J. L. (2000). Scaffolding the development of an inquiry-based (science) classroom. En B. J. Fishman y S. F. O'Connor- Divilbiss (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Conference of the Learning Sciences* (pp. 221-27). Ann Arbor: University of Michigan.
- Hsu, Y-S., Lai, T-L., y Hsu, W-H. (2015). A design model for distributed scaffolding for Inquiry-Based Learning. *Research in Science Education*, 45, 241-273.
- Kukkonen, J. E., Kärkkäinen, S., Dillon, P., y Keinonen, T. (2014). Scaffolded Simulation-Based Inquiry Learning on Fifth-Graders' Representations of the Greenhouse Effect. *International Journal of Science Education*, 36(3), 406-424.

- Lin, S-F., Lieu, S-C., Chen, S., Huang M-T., y Chang, W-H. (2012). Affording explicit-reflective science teaching by using an educative teachers' guide. *International Journal of Science Education*, 7(1), 999-1026.
- Luft, J. A. (2001). Changing inquiry practices and beliefs: The impact of an inquiry-based professional development programme on beginning and experienced secondary science teachers. *International Journal of Science Education*, 23, 517–534.
- National Research Council (NRC) (2012). *A framework for K12 Science Education: practices, crosscutting concepts and core ideas*. Washington DC: National Academy Press.
- Nimmermark, A., Öhrström, L., Mårtensson, J., y Davidowitz, B. (2016). Teaching of chemical bonding: a study of Swedish and South African students' conceptions of bonding. *Chemistry Education, Research and Practice*, 17, 985-1005.
- Organisation for Economic Cooperation and Development. (OECD)(2013). *PISA 2015 draft science framework*. Paris, France: Author. Recuperado de: [https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft PISA 2015 Science Framework .pdf](https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft_PISA_2015_Science_Framework.pdf)
- Osborne, J. (2014). Scientific practices and inquiry in the science classroom. En N. G. Lederman y S. K. Abell (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*, (pp. 579-599). New York: Routledge, vol. II.
- Ozmen, H. (2004). Some student misconceptions in chemistry: a literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147-159.
- 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.
- Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G., Kyza, E., Edelson, D., y Soloway. E. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 337–386.
- Reiser, B. J. (2004). Scaffolding Complex Learning: The Mechanisms of Structuring and Problematizing Student Work. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 273-304.
- Rushton, G. T., Lotter, C., y Singer, J. (2011). Chemistry teachers' emerging expertise in inquiry teaching: The effect of a professional development model on beliefs and practice. *Journal of Science Teacher Education*, 22, 23–52.
- Schreier, M. (2012). *Qualitative content analysis in practice*. London, United Kingdom: Sage.
- Van de Pol, J., Volman, M. y Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review*, 22(3), 271–296.
- Van der Valk, T., y De Jong, O. (2009). Scaffolding Teachers in Open-Inquiry Teaching. *International Journal of Science Education*, 31(6), 829-850
- Van Hook, S. J., Huziak-Clark, T. L., Nurnberger-Haag, J., y Ballone-Duran, L. (2009). Developing an understanding of inquiry by teachers and graduate student scientists through a collaborative PD program. *Electronic Journal of Science Education*, 13(2), 30–61.
- Vygotsky, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica, D. L.
- 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. doi: 10.1002/sce.10044

- Wood, D., Bruner, J. S., y Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology y Psychiatry y Allied Disciplines*, 17, 89–100.
- Wu., H-L., Pedersen, S. (2011). Integrating computer-and teacher-based scaffolds in science inquiry. *Computers y Education*, 57, 2352-2363.