



Influencia de distintas estrategias de andamiaje para promover la participación del alumnado de secundaria en las prácticas científicas

Influence of different scaffolding strategies for engaging secondary students in scientific practices

Beatriz Crujeiras Pérez, María Pilar Jiménez Aleixandre

Departamento de Didácticas Aplicadas, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Galicia, España

beatriz.crujeiras@usc.es, marilarj.aleixandre@usc.es

RESUMEN • En este artículo se examina la idoneidad de distintas estrategias docentes para guiar al alumnado de secundaria en la participación en las prácticas científicas. Los participantes son dos profesores de secundaria y sus respectivas aulas de tercero de la ESO que cursan la materia de Física y Química. La tarea objeto de estudio consiste en investigar la efectividad de dos pastas de dientes para prevenir la caries. Para el análisis se examina el discurso de ambos docentes durante la resolución de la tarea y se codifican sus intervenciones mediante un marco de estrategias de andamiaje propuesto por Van de Pol, Volman y Beishuizen (2010). Los resultados muestran diferencias en las estrategias utilizadas por ambos docentes, las cuales influyen en los desempeños del alumnado relativos al diseño y puesta en práctica de investigaciones.

PALABRAS CLAVE: prácticas científicas; estrategias; andamiaje; indagación; educación secundaria.

ABSTRACT • This paper examines the adequacy of different teaching strategies to scaffold students' engagement in scientific practices. The participants are two secondary teachers and their respective groups of 9th grade students attending Physics and Chemistry. The task requires students to investigate the effectiveness of two toothpastes to prevent cavities. For the analysis we examine the discourse of both teachers during the implementation of the task and we code their interventions according to a framework for scaffolding strategies developed by Van de Pol, Volman and Beishuizen (2010). The results point to differences in the strategies employed by the teachers, which affect to students' performances for planning and carrying out investigations.

KEYWORDS: scientific practices; strategies; scaffolding; inquiry; secondary education.

Recepción: noviembre 2016 • Aceptación: enero 2018 • Publicación: junio 2018

Crujeiras Pérez, B., & Jiménez Aleixandre, M. P. (2018). Influencia de distintas estrategias de andamiaje para promover la participación del alumnado de secundaria en las prácticas científicas. *Enseñanza de las ciencias*, 36(2), 23-42.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día se promueve una enseñanza de las ciencias que fomenta el aprendizaje a través de la participación del alumnado en las prácticas científicas (e.g. Duschl, Schweingruber y Shouse, 2007; Erduran y Dagher, 2014; Ford, 2015; Osborne, 2011), que se caracterizan como las prácticas utilizadas por los científicos para establecer, extender y refinar su conocimiento (NRC, 2012). Las prácticas científicas implican construir el conocimiento científico y comprender por qué este se construye, examina, evalúa y refina de una manera determinada (Reiser, Berland y Kenyon, 2012). Desde esta perspectiva se pretende enmarcar el conocimiento científico no solo como destrezas, sino como prácticas epistémicas y discursivas más amplias (Erduran y Dagher, 2014).

Este enfoque, en el que los estudiantes aprenden ciencias involucrándose en procesos como el diseño y puesta en práctica de investigaciones, el desarrollo de representaciones de fenómenos o la discusión de ideas con otros, requiere un gran apoyo docente (Duschl *et al.*, 2007), especialmente cuando no están familiarizados con estas cuestiones. Dado el carácter activo y de razonamiento que se promueve con la participación del alumnado en las prácticas científicas, es de suponer que existan determinadas estrategias docentes que lo puedan favorecer en mayor medida que otras.

En la literatura existen trabajos que examinan las estrategias utilizadas por el profesorado para promover la participación del alumnado en estas prácticas, por ejemplo en la argumentación (Christodoulou, 2011; McNeill y Krajcik, 2009), la modelización (Chan y Chan, 2013; Mulder *et al.*, 2016) o en la resolución de problemas e indagación (Beland, Burdo y Gu, 2015; Van der Valk y De Jong, 2009). En el contexto de laboratorio existen estudios que examinan la naturaleza del andamiaje proporcionado por el profesorado para resolver una tarea de laboratorio (Crujeiras Pérez y Jiménez Aleixandre, 2015; Reigosa y Jiménez Aleixandre, 2007; Putambekar y Kolodner, 2005), pero no analizan la influencia de estrategias concretas en la participación del alumnado en las prácticas científicas. En este trabajo nos centramos en el análisis de las estrategias utilizadas por dos docentes para promover la participación del alumnado en las prácticas científicas mediante una actividad de indagación en el laboratorio. En concreto, los objetivos son:

1. Analizar las estrategias utilizadas por el profesorado para guiar al alumnado en el diseño y puesta en práctica de una investigación en el laboratorio.
2. Examinar las reacciones del alumnado a las estrategias de apoyo recibidas mediante el análisis de sus desempeños relativos al diseño y puesta en práctica de la investigación.

MARCO TEÓRICO

Andamiaje como estrategia para favorecer la participación en las prácticas científicas

La noción de andamiaje fue introducida por Wood, Bruner y Ross (1976) para referirse al proceso por el cual una persona con más conocimiento ayuda a un aprendiz a resolver tareas que no sería capaz de hacer por sí mismo. Se enmarca en la perspectiva socioconstructivista (Vigotsky, 1979), que considera que el aprendizaje tiene lugar en un contexto de interacciones sociales y se basa en el concepto de zona de desarrollo próximo (ZDP), que refleja la distancia entre el nivel de desarrollo actual del aprendiz (alumno), determinada por las actividades que puede realizar sin ayuda y el nivel de desarrollo potencial, definido por la resolución de tareas bajo la supervisión de una persona más capacitada (el profesor). Según Palincsar y Brown (1984) el proceso de andamiaje comprende varias fases: en un principio un experto guía la actividad del aprendiz realizando la mayor parte del trabajo cognitivo mientras el aprendiz participa de espectador. A medida que este adquiere experiencia y capacidad para llevar a cabo

aspectos más complejos de la tarea, previamente modelizados por el experto varias veces, es cuando el experto cede de forma gradual la responsabilidad de resolver la tarea. Finalmente, el experto permite al aprendiz tomar el control sobre el proceso de aprendizaje y adopta el papel de espectador. En este proceso, como señala Stone (1998), la comprensión compartida de la tarea y la comunicación efectiva entre experto y aprendiz son los elementos clave. Hannafin, Land y Oliver (1999) consideran el andamiaje como un proceso que comprende cuatro categorías: 1) metacognitiva, que implica ayudar a manejar los propios pensamientos e ideas durante el aprendizaje; 2) conceptual, que consiste en la ayuda para construir conceptos utilizando como base lo que ya se ha aprendido; 3) estratégica, que promueve el análisis, planificación, toma de decisiones y la selección de información utilizada para conectar el conocimiento previo con la nueva experiencia, y 4) procedimental, que sugiere cómo utilizar fuentes e instrumentos.

La idea de andamiaje se traslada al ámbito escolar con el propósito de ayudar a los estudiantes a llevar a cabo tareas que no serían capaces de realizar por sí mismos (Mercer y Fisher, 1992) e ir transfiriendo la responsabilidad de la resolución de la tarea de forma gradual. De este modo el andamiaje convierte el proceso de aprendizaje en un desempeño factible para el alumnado, modificando las tareas complejas y difíciles de manera que sean más accesibles, manejables y dentro de la zona de desarrollo potencial.

Aunque existen numerosos estudios que emplean la noción de andamiaje para referirse a cualquier tipo de apoyo docente, coincidimos con la propuesta de Van de Pol y Elbers (2013), en la que caracterizan el apoyo docente como andamiaje solo si cumple tres características: 1) contingencia, lo que implica una adaptación del apoyo docente al nivel del alumnado; 2) temporalidad, es decir, que el apoyo se retira de forma gradual a lo largo del tiempo, y 3) transferencia de responsabilidad al alumnado de forma gradual (Van de Pol *et al.*, 2010). Esta última característica es la más relevante para nuestro trabajo ya que está alineada con el enfoque del aprendizaje promoviendo la participación del alumnado en las prácticas científicas.

Además de estas características, existen numerosos elementos que intervienen en los procesos de andamiaje. En este estudio consideramos como principales la ayuda al alumnado para articular sus pensamientos e ideas (Quintana *et al.*, 2004), el apoyo del aprendizaje del alumnado sobre cómo realizar la tarea y la reflexión sobre por qué la tarea deber realizarse de esa forma (Hmelo-Silver, Duncan y Chinn, 2007). Cabe señalar que, como apunta Reiser (2004), el apoyo del experto no es solo para ayudar al aprendiz en la resolución de tareas, sino también para mejorar sus desempeños en tareas futuras. Por lo tanto es necesario incidir en ambos aspectos, ya que si el alumnado recibe apoyo en la resolución de una tarea, pero no la comprende o no saca provecho de la experiencia realizada, el apoyo recibido solo puede considerarse como ayuda para resolver la tarea, pero no como andamiaje para el aprendizaje.

Debido a la gran relevancia que supone esta estrategia en el ámbito educativo se han realizado numerosos estudios en las últimas décadas, tanto teóricos, para caracterizar los elementos clave (e.g. Hogan y Pressley, 1997) y las variantes existentes (Hannafin, Land y Oliver, 1999), como prácticos, para analizar la influencia de determinadas estrategias de apoyo en la resolución de tareas (e.g. Belland, Burdo y Gu, 2015; Van de Pol *et al.*, 2010).

A nivel general, Reiser (2004) señala dos estrategias: *a*) estructurar la tarea, es decir, descomponer una tarea compleja en varias más manejables para el alumnado, y *b*) problematizar la tarea, que consiste en animar al alumnado a expresar sus ideas, tomar decisiones y manifestar las opiniones que difieren de las expuestas tanto por el docente como por los propios compañeros. Otros autores, como Van de Pol, Volman y Beishuizen (2010), identifican seis estrategias que pueden guiar los procesos de andamiaje: retroalimentación, pistas, instrucción, explicación, modelización y preguntas. Estas estrategias constituyen el marco de análisis en nuestro estudio y se describen en detalle en el apartado de metodología. Específicamente para procesos de indagación, Holbrook y Kolodner (2000) proponen una serie de

estrategias de andamiaje concretas, teniendo en cuenta que el alumnado trabajará en pequeños grupos: 1) problematizar la tarea haciendo que duden sobre la cuestión que se va a investigar y ayudarlos a formular preguntas relevantes y a proponer soluciones iniciales; 2) utilizar la pizarra para compartir las cuestiones que se deben investigar y anotar lo que se va aprendiendo de cada cuestión, de modo que los grupos reciben retroalimentación sobre sus ideas iniciales tanto por parte del profesor como por otros compañeros; 3) proponer a cada pequeño grupo que elabore un diseño y analice las propuestas, ponga en práctica los diseños recogiendo datos de cada acción y utilice 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, ya que permite obtener información constructiva de todo el proceso. Hsu, Lai y Hsu (2015) utilizan cuatro elementos de andamiaje: estructura de la actividad, motivaciones escritas, herramientas de visualización y apoyo docente.

Otros estudios examinan el andamiaje en la puesta en práctica para comprender el tipo de apoyo que los estudiantes necesitan durante la indagación (Putambekar y Kolodner, 2005), para promover estrategias de andamiaje entre el profesorado (Van der Valk y De Jong, 2009) o para examinar el tipo de andamiaje requerido por el alumnado para el desarrollo de su autonomía (Belland, Burdo y Gu, 2015; Reigosa y Jiménez Aleixandre, 2007). Además de estos estudios de carácter más teórico, existen otros de tipo empírico que demuestran la efectividad del andamiaje para mejorar el aprendizaje del alumnado. Por ejemplo, Zangori, Forbes y Schwarz (2015) comprueban que el alumnado de tercer curso de educación primaria que recibe apoyo docente de forma verbal y visual sobre el ciclo del agua representa y relaciona más procesos subsuperficiales y superficiales que el alumnado que no recibe este andamiaje. Otros autores, como Kukkonen, Kärkkäinen, Dillon y Keinonen (2014), estudian la influencia del uso de simulaciones como andamiaje para el aprendizaje de los modelos explicativos del efecto invernadero con alumnado de quinto curso de educación primaria, encontrando que este enriquecía los conceptos utilizados en los modelos elaborados por el alumnado.

En nuestro trabajo pretendemos contribuir a ampliar el conocimiento empírico sobre el uso del andamiaje en las aulas. Para ello analizamos las estrategias presentes en el discurso de dos docentes encaminadas a guiar a los estudiantes en el diseño y puesta en práctica de una investigación en el laboratorio, así como su influencia en los desempeños del alumnado.

METODOLOGÍA

El estudio se enmarca en la investigación cualitativa, en particular dentro del enfoque de los estudios de caso (Swanborn, 2010), encaminado a describir y explicar las estrategias docentes utilizadas en el contexto de una actividad de laboratorio.

Participantes y contexto

Los participantes son dos profesores de educación secundaria (P1 y P2) y sus respectivas clases de tercero de ESO de dos centros educativos públicos situados en zonas rurales. La clase de P1 está formada por cinco pequeños grupos de alumnos y alumnas (N = 20) que se identifican con las letras mayúsculas J, K, L, M y N, respectivamente. La clase de P2 también está formada por cinco pequeños grupos (N = 21) identificados con las letras O, P, R, S y T. Los integrantes de cada grupo se identifican con seudónimos para proteger su anonimato. Los docentes participantes en el estudio tienen distintos perfiles profesionales. P1 es licenciado en Biología, tiene más de diez años de experiencia como docente en educación secundaria y en el momento de la toma de datos llevaba cuatro años participando en el grupo de investigación, especialmente en cuestiones relativas a la indagación.

P2 es licenciado en Química, con más de veinticinco años de experiencia docente y colabora con el grupo de investigación desde que empezó a dar clase en cuestiones relacionadas con la argumentación, la formulación de preguntas y el metacognoscimiento. Cabe señalar que ninguno de los docentes conocía exactamente el tipo de análisis que se realizaría con los datos recogidos en sus aulas, ya que pretendíamos examinar el tipo de apoyo que estos proporcionaban en condiciones normales, es decir, en su entorno de aula habitual.

La tarea en la que se enmarca este estudio es una actividad de laboratorio sobre la reacción química y su inhibición, en la cual, a lo largo de dos sesiones de cincuenta minutos, el alumnado tiene que diseñar y poner en práctica una investigación para averiguar qué pasta de dientes es menos efectiva para prevenir la caries. La tarea se divide en cinco fases: 1) contextualización, 2) diseño de la investigación, 3) puesta en común de los diseños, 4) experimentación y 5) interpretación de resultados y conclusiones. El propio diseño de la tarea, en la que se incluyen determinadas pistas que ayudan a pensar en el diseño de la investigación, pero sin cerrar el grado de apertura de esta, proporciona en sí mismo andamiaje al alumnado. Por ejemplo, se les indica la necesidad de decidir cómo medir las cantidades que se deben utilizar de cada elemento y de seleccionar un método para medir el desprendimiento del gas producido en la reacción entre las conchas y el ácido entre varias posibilidades. Este planteamiento permite, además de guiar al alumnado en la resolución de la tarea, involucrarlo en las prácticas científicas. La tarea completa, junto con las indicaciones para el profesorado de cara a su utilización en el aula, se discute en otro trabajo (Crujeiras-Pérez y Jiménez-Aleixandre, 2017).

Herramientas para la toma de datos y análisis

La toma de datos incluye grabaciones en audio y vídeo del proceso de resolución de la tarea, así como también las notas de campo derivadas de la observación de la situación de aula.

Para el análisis se examina el discurso de ambos docentes y se codifican sus intervenciones según el marco propuesto por Van de Pol *et al.* (2010), que comprende seis categorías:

1. Retroalimentación (R): implica la proporción de información al alumnado sobre sus propios desempeños.
2. Pista (P): conlleva la proporción de indicios o sugerencias para ayudar al alumnado a seguir con la resolución de la tarea, pero sin llegar a proporcionar la solución completa o instrucciones detalladas.
3. Instrucción (I): comprende la proporción de información detallada de la cuestión que se trata o una explicación sobre cómo actuar de una manera determinada y por qué.
4. Explicación (E): se refiere a la proporción de información detallada sobre una cuestión o a la clarificación de esta.
5. Modelización (M): implica el proceso de indicar el comportamiento de una información determinada o la demostración de procesos o destrezas concretas.
6. Pregunta (Pr): se refiere a la formulación de cuestiones al alumnado que requieren una respuesta determinada.

RESULTADOS

Identificación de las estrategias docentes utilizadas para guiar al alumnado en la investigación

Los resultados, que se representan en términos de frecuencia para cada estrategia y fase de la tarea, se resumen en la tabla 1.

Tabla 1.
Estrategias de andamiaje identificadas en el discurso de los docentes P1 y P2

	P1							P2						
	R	P	I	E	M	Pr	Total	R	P	I	E	M	Pr	Total
Fase 1	-	1	1	1	1	3	7	1	-	-	3	2	4	10
Fase 2	1	-	4	1	2	1	9	1	2	-	1	-	3	7
Fase 3	1	2	-	3	2	2	10	2	3	-	2	1	4	12
Fase 4	-	1	2	1	-	1	5	-	-	-	1	-	1	2
Fase 5	-	1	1	1	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-
Total	2	5	8	7	5	8	35	4	5	-	7	3	12	31

Como se recoge en la tabla 1 existen diferencias en el uso de las distintas estrategias por ambos docentes, tanto a nivel general como cada estrategia en particular en cada fase. A nivel general ambos docentes utilizan un número similar de estrategias (35 P1 y 31 P2) y presentan un patrón similar en cuanto al uso, empleando más estrategias en las tres primeras fases de la tarea (contextualización, diseño y puesta en común) que en las finales (experimentación e interpretación de resultados y conclusiones). En cuanto al uso de determinadas estrategias, P1 utiliza las preguntas, instrucciones y explicaciones con frecuencia similar ($N = 8$, 8 y 7 respectivamente) mientras que P2 utiliza las preguntas por encima de las demás estrategias ($N = 12$).

En cuanto al uso de estrategias en cada fase, en la contextualización P2 emplea un mayor número de estrategias que P1 (10 frente a 7), sin embargo P1 utiliza más variedad que P2 (cinco de los seis tipos frente a cuatro). En la fase de diseño P1 recurre al uso de instrucciones por encima del resto de estrategias ($N = 4$), mientras que P2 utiliza principalmente preguntas ($N = 3$) y pistas ($N = 2$). En cuanto a la fase de puesta en común, P1 recurre a las explicaciones ($N = 3$), y en menor medida a las pistas, modelización y preguntas ($N = 2$). En el caso de P2 utiliza las preguntas ($N = 4$) y las pistas ($N = 3$) por encima del resto de estrategias.

En la fase de experimentación P1 recurre al uso de instrucciones ($N = 2$), pistas, explicación y preguntas ($N = 1$), por el contrario, P2 solo hace uso de explicación y preguntas ($N = 1$). Y, por último, en la fase 5 (interpretación de resultados y conclusiones) P1 hace uso de cuatro estrategias: pistas, instrucciones, explicación y preguntas ($N = 1$), mientras que P2 no interviene en esta fase. Como se resume en la tabla 1, el uso de determinadas estrategias es diferente en cada docente. Además, aquellas que ambos docentes usan en las mismas fases se emplean con distintos propósitos en la mayoría de las ocasiones. A continuación, se examina el uso detallado de cada estrategia por los docentes.

a) Retroalimentación (R)

Esta estrategia se identifica en las tres primeras fases. P1 la utiliza en las fases 2 y 3 (una vez en cada fase) y P2 en las tres fases (una vez en las fases 1 y 2 y dos veces en la fase 3), como se describe en la figura 1.

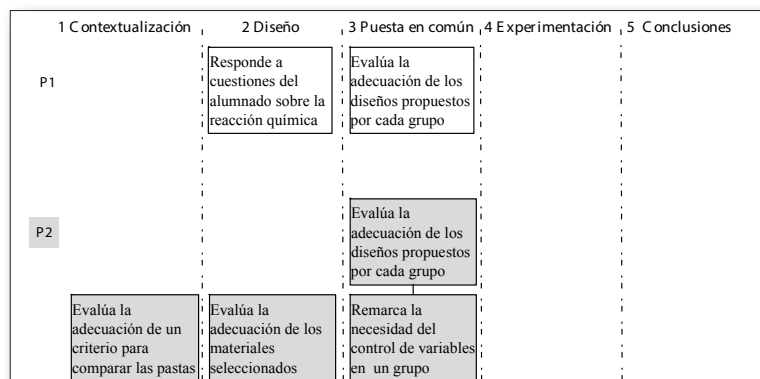


Fig. 1. Uso de la estrategia de retroalimentación en las cinco fases de la tarea.

Esta estrategia se utiliza en mayor medida por P2 que por P1. Ambos coinciden en utilizar la retroalimentación para evaluar la adecuación de los diseños propuestos por cada pequeño grupo en la fase 3, sin embargo, es de esperar que se utilice en mayor medida por ambos docentes en todas las fases, ya que el alumnado requiere información acerca de sus desempeños para poder avanzar en la familiarización con el diseño y puesta en práctica de investigaciones.

b) Pista (P)

Esta estrategia se utiliza el mismo número de veces ($N = 5$) por ambos docentes, pero en distintas fases: P1 en cuatro de las cinco fases (1, 3, 4 y 5) mientras que P2 solamente en las fases 2 y 3.

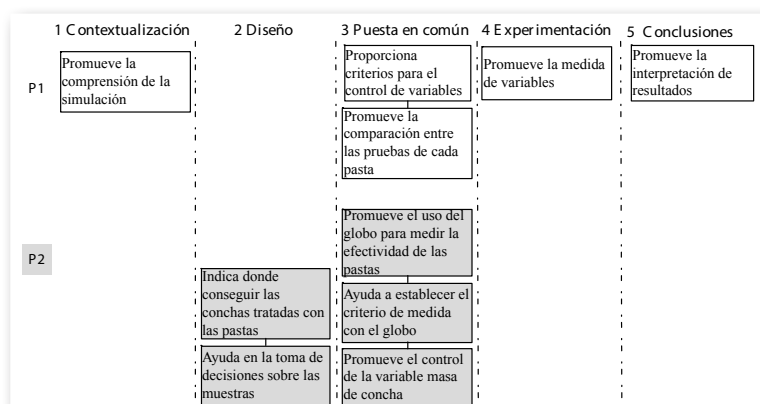


Fig. 2. Uso de la estrategia pista en las cinco fases de la tarea.

Como se describe en la figura 2, el uso de pistas por P1 se centra en la comprensión de la analogía, en aspectos del diseño como el control y medida de las variables y en la interpretación de los resultados obtenidos. En el caso de P2 utiliza las pistas en la fase de diseño para ayudar al alumnado a tomar decisiones sobre las muestras que deben utilizarse, y en la fase de puesta en común para el uso de criterios comunes para evaluar la efectividad de las pastas, así como en el control de variables.

c) Instrucción (I)

Esta estrategia es utilizada solamente por P1 ($N = 8$) y se identifica en cuatro de las cinco fases, como se resume en la figura 3.

	1 Contextualización	2 Diseño	3 Puesta en común	4 Experimentación	5 Conclusiones
P1	Indica la cuestión a investigar: evaluar la eficacia de las pastas	Proporciona criterios de evaluación de la eficacia Proporciona información sobre los materiales Proporciona información sobre la evaluación de la eficacia Promueve la redacción del diseño		Identifica las variables Proporciona criterios para evaluar la eficacia de las pastas usando el globo	Proporciona información para redactar las conclusiones
P2					

Fig. 3. Uso de la estrategia instrucción en las cinco fases de la tarea.

En la fase 2 (diseño de la investigación) es en la que P1 la utiliza con mayor frecuencia, con el objetivo de proporcionar información sobre los criterios para evaluar la eficacia de las pastas, sobre el material de laboratorio necesario o sobre la redacción del diseño. En la fase 4 la utiliza para identificar las variables que intervienen en la investigación y para proporcionar criterios sobre el uso del globo. En esta fase lo ideal sería que los docentes no proporcionasen instrucciones ya que se trata de que el alumnado ponga en práctica el diseño elaborado en la fase 2 y consensuado en la fase 3. Lo mismo sucede en la fase 5, en la que los estudiantes deberían interpretar por sí mismos los resultados obtenidos y establecer las conclusiones oportunas sin recibir información directa por parte del docente.

d) Explicación (E)

Esta estrategia es utilizada en el mismo número de ocasiones por ambos docentes (N = 7). Se identifica en todas las fases en el discurso de P1, mientras que en el de P2 lo hace en las fases 1 a 4, aunque el propósito de esta solo coincide en la fase 1 para ambos docentes.

	1 Contextualización	2 Diseño	3 Puesta en común	4 Experimentación	5 Conclusiones
P1	Explica la formación de la caries	Explica la composición y nomenclatura del HCl	Explica el significado del criterio de evaluación de la eficacia Explica el proceso de tratamiento de las conchas con las pastas Explica la reacción química de la simulación	Explica la necesidad del control de variables	Explica cómo se debería realizar un experimento controlado
P2	Explica el mecanismo de formación de la caries Explica el papel del fluoruro de sodio en la prevención de la caries Explica la relación entre los elementos de la simulación y sus equivalentes reales	Explica la utilidad del globo para medir la el gas liberado en la reacción	Explica el papel de la pasta en la prevención de la caries Explica como seleccionar el volumen de ácido sin utilizar la estequiometría	Relaciona la concentración de fluoruro de cada pasta con el efecto sobre la formación de caries	

Fig. 4. Uso de la estrategia explicación en las cinco fases de la tarea.

Como se representa en la figura 4, en la fase 1 ambos docentes recurren a esta estrategia para explicar cuestiones relacionadas con la simulación del proceso de formación de la caries y su prevención. Se utiliza en mayor medida por P2 que por P1 ya que este proporciona información más detallada sobre

el proceso: mientras que P1 se centra en explicar el mecanismo de aparición de la caries y su relación con la pasta de dientes, P2 incluye además el papel del fluoruro de sodio en la reacción y la relación entre cada elemento de la simulación y su equivalente en el proceso real. En la fase 2 ambos docentes proporcionan solamente una explicación, P1 sobre la composición y nomenclatura del ácido clorhídrico y P2 sobre la utilidad del globo para recoger el gas desprendido en la reacción. En la fase 3 P1 explica cuestiones relacionadas con el diseño que los grupos tienen que revisar: aplicación del criterio de medida de la eficacia de las pastas y el proceso de tratamiento de las conchas con la pasta. Además, aprovecha para explicar la reacción química que se produce al mezclar las conchas con el ácido. P2, en cambio, solo aclara un aspecto del diseño que los estudiantes tienen que modificar: la selección del volumen de ácido, cuestión sin detallar en los diseños de los grupos porque no tienen conocimientos de estequiometría. La otra explicación que proporciona en esta fase está relacionada con el papel de la pasta en la prevención de la caries, cuestión ya mencionada en la fase 1. En la fase 4, P1 continúa explicando cuestiones relativas al diseño de la investigación y su puesta en práctica, en este caso sobre el control de variables, mientras que P2 explica el efecto que tiene la distinta concentración de fluoruro de sodio de las pastas en la investigación. En la fase 5 solo P1 utiliza esta estrategia y lo hace para explicar cómo deberían haber realizado el experimento de forma controlada, una vez finalizada la investigación.

e) Modelización (M)

Esta estrategia se identifica en las tres primeras fases de la tarea, siendo utilizada con mayor frecuencia por P1 que por P2 (N = 5 y N = 3, respectivamente), como se describe en la figura 5.

	1 Contextualización	2 Diseño	3 Puesta en común	4 Experimentación	5 Conclusiones
P1	Realiza una reacción química para que observen qué sucede	Utiliza el significado de la simulación en su explicación Ejemplifica cómo redactar el diseño	Pone un ejemplo de investigación para comprender el significado de controlar variables Ilustra la relación entre la simulación y sus equivalentes en el proceso de formación de la caries		
P2		Ilustra cómo comparar la producción de gas de forma visual Realiza un montaje para ilustrar como recoger el gas liberado en una reacción		Ejemplifica cómo redactar el informe de laboratorio final	

Fig. 5. Uso de la estrategia modelización en las cinco fases de la tarea.

Esta estrategia la utilizan de forma similar ambos docentes. En la fase 1 ambos modelizan la reacción química, en el caso de P1 muestra a su alumnado la propia reacción que van a realizar con las conchas y el ácido para que observen el efecto que se produce. P2 realiza unas reacciones químicas diferentes a la que van a realizar en la investigación para que observen algunos métodos distintos de medida del gas liberado en una reacción: observación de las burbujas producidas y recogida del gas con una probeta invertida. En la fase 2 solo P1 utiliza la modelización para asegurar la comprensión de la simulación del proceso de la caries y para la redacción del diseño. En la fase 3, P1 continúa con la modelización del proceso de aparición de la caries y también ejemplifica el significado de una muestra control en una investigación. P2 utiliza la modelización para explicar cómo debe redactarse un buen informe de laboratorio.

f) *Pregunta (Pr)*

Esta estrategia se utiliza con elevada frecuencia por ambos docentes (N = 8 en P1 y N = 12 en P2) y en todas las fases, excepto la fase 5 en P2, como se resume en la figura 6.

	1 Contextualización	2 Diseño	3 Puesta en común	4 Experimentación	5 Conclusiones
P1	<ul style="list-style-type: none"> Promueve la comprensión de la reacción química Promueve la justificación del uso del globo para medir la eficacia Promueve la comprensión de la simulación 	<ul style="list-style-type: none"> Promueve la comparación entre las pastas 	<ul style="list-style-type: none"> Promueve el control de variables Promueve la justificación de las decisiones tomadas en el diseño 	<ul style="list-style-type: none"> Promueve la justificación del criterio de medida de la eficacia 	<ul style="list-style-type: none"> Promueve la interpretación de resultados
P2	<ul style="list-style-type: none"> Promueve la identificación del objetivo de la tarea Promueve la explicación de la formación de caries Promueve la aclaración de dudas previas al diseño Promueve la comprensión de la simulación 	<ul style="list-style-type: none"> Promueve la clarificación del propósito de la tarea Promueve el control de variables en el diseño Promueve la selección del criterio de evaluación de la efectividad 	<ul style="list-style-type: none"> Promueve el control de variables Promueve la explicación del criterio de evaluación de la eficacia Promueve la explicación del método de evaluación seleccionado 	<ul style="list-style-type: none"> Promueve la toma de datos y la redacción del informe 	

Fig. 6. Uso de la estrategia pregunta en las cinco fases de la tarea.

En la fase 1 ambos docentes hacen uso de preguntas para ayudar al alumnado a comprender el proceso de formación de la caries y el significado de la simulación. Además, P1 utiliza esta estrategia para fomentar la justificación del uso del globo como elemento para recoger el gas de la reacción y evaluar la eficacia de las pastas, mientras que P2 promueve la comprensión del objetivo de la tarea. En la fase 2 P1 utiliza preguntas para promover que el alumnado incluya un criterio para poder comparar los resultados de cada pasta, mientras que P2 promueve la clarificación de ciertos elementos del diseño como el control de variables y la selección de un criterio de evaluación de las pastas. En la fase 3 P2 utiliza el uso de preguntas en mayor medida que P1. Ambos promueven el control de variables en el diseño, pero P2 también utiliza las preguntas para conseguir que el alumnado proporcione respuestas precisas sobre los elementos que constituyen el diseño de la investigación: método de medida del gas producido en la reacción, explicación del criterio de medida seleccionado. P1 utiliza esta estrategia, además de para el control de variables, para promover la justificación de las decisiones tomadas en el diseño sobre los materiales e instrumentos. En la fase 4 el uso de esta estrategia por cada docente es diferente: P1 la emplea para promover la justificación del criterio seleccionado y medir la producción de gas liberado en la reacción, y de ese modo poder evaluar la eficacia de las pastas, mientras que P2 la utiliza para promover la toma de datos de cada prueba realizada con cada muestra y su redacción en el informe de laboratorio. En la fase 5 solo P1 utiliza esta estrategia y lo hace para promover la interpretación de los resultados obtenidos en cada prueba y así establecer la conclusión.

En resumen, el uso de distintas estrategias en cada fase o la prevalencia de unas sobre las otras afectan al proceso de resolución de la tarea por parte del alumnado, como se examina a continuación.

Análisis de la influencia de las distintas estrategias de andamiaje en los desempeños del alumnado

En esta sección se analiza la influencia de determinadas estrategias utilizadas con un mismo fin durante el diseño y puesta en práctica de la investigación por ambos docentes.

a) Promover la efectividad de las pastas: explicación frente al uso de preguntas

En este ejemplo, ambos docentes promueven en los estudiantes la misma operación, la evaluación de la efectividad de las pastas, pero utilizando distintas estrategias: P1 utiliza la explicación, en particular la propuesta de criterios, mientras que P2 utiliza la formulación de preguntas abiertas, como se describe en los siguientes fragmentos:

<i>Fragmento clase 1</i>	<i>Estrategia</i>
47 P1: Pues ahora por grupo me podéis llamar que ya voy allí. Vais a diseñar un experimento para saber si la pasta x o la pasta y es más o menos eficaz para proteger los dientes de su destrucción por medio del ácido que tenéis allí.	Explicación: Propuesta de criterio
<i>Fragmento clase 2</i>	<i>Estrategia</i>
27 P2: Nuestra intención es comprobar, ¿el qué?	Pregunta: abierta
28 Olaia: Cuál es la pasta buena	Propuesta de criterio
29 Sergio: Qué pasta de dientes es la mejor	Propuesta de criterio
30 Olga: Qué pasta de dientes es la mala.	Propuesta de criterio

Ambos docentes persiguen el mismo propósito en el alumnado, la identificación del criterio para evaluar la eficacia de las pastas de dientes, pero difieren en la estrategia utilizada para conseguirlo. Así, P1 proporciona información sobre el criterio que se debe utilizar en la evaluación de las pastas, mientras que P2 promueve la formulación del criterio por parte del alumnado. Por lo tanto la estrategia de P1 es la explicación, mientras que la de P2 es la formulación de preguntas. De este modo los estudiantes de la clase 2 formulan el criterio de tres formas diferentes, mientras que los de la clase 1 no lo necesitan porque ya lo reciben por parte del docente.

b) Promover la sugerencia de criterios para el control de variables: respuesta a las propias preguntas frente a preguntas abiertas

En este caso, ambos docentes promueven la sugerencia de criterios para el control de variables durante el diseño de la investigación, pero utilizando estrategias diferentes, como se detalla a continuación:

<i>Fragmento clase 1</i>	<i>Estrategia</i>
204 P1: ¿Alguien utilizaría otro tipo de concha, a parte de x e y? Una lavada con agua, por ejemplo	Pregunta/respuesta a su propia pregunta
205 Lucas: Sí	
<i>Fragmento clase 2</i>	<i>Estrategia</i>
316 P2: ¿Cuántos dientes distintos vais a usar?	Pregunta: abierta
317 Paula: Dos trozos de concha tratada, uno de x y otro de y; después cuatro sin tratar.	

<i>Fragmento clase 2</i>	<i>Estrategia</i>
318 P2: A ver, ellos [el grupo P va a usar una concha tratada con pasta x, otra con pasta y, y cuatro sin tratar]. ¿Y el objetivo de las cuatro sin tratar?	Pregunta: abierta
319 Pablo: Por si alguna falla tener repuesto.	
[...]	
325 P2: Bien, y vosotros, grupo O, ¿tenéis pensado cuántos trozos de concha vais a usar?	Pregunta: cerrada
326 Ofelia: Tres, tenemos que tener conchas sin tratar para ver si le afectaba [el ácido], para ver si también podría ser debido a la calidad de los dientes.	

En ambos fragmentos el propósito de los dos docentes es promover el uso de una muestra control o blanco (conchas lavadas con agua sin tratar con ninguna de las pastas), cuestión frecuentemente ignorada en los diseños elaborados por el alumnado. En la clase 1, P1 proporciona información, aunque lo hace a través de una pregunta retórica sobre el número y la naturaleza de las muestras que deberían utilizar, incluyendo la muestra control. En la clase 2, P2 formula una pregunta abierta (turno 316) encaminada a comprobar si consideran la muestra control o no en el diseño. Paula sugiere utilizar cuatro conchas sin tratar, pero no explica el motivo, lo que lleva al profesor a formular de nuevo otra pregunta para tratar de conocer dicho propósito, a la que Pablo responde, pero su explicación no tiene relación con lo que el profesor busca, que es el reconocimiento de la muestra control. Más adelante repite la estrategia en el grupo O y obtiene una respuesta de Ofelia (turno 326) más adecuada a la esperada.

c) Promover la evaluación de la efectividad de las pastas

En este episodio ambos docentes promueven que el alumnado decida sobre el método que se debe utilizar para evaluar la eficacia de las pastas. En el guión de la tarea se indican tres formas diferentes, pero no las únicas posibles, y se anima a los estudiantes a que seleccionen una o propongan otra alternativa. Para esto cada docente combina estrategias distintas:

<i>Fragmento clase 1</i>	<i>Estrategia</i>
43 P1: ¿Cómo entendemos eso del globo? ¿Por qué un globo nos puede servir para medir la cantidad de gas que se produce?	Pista
44 Lucas: Porque a medida que vaya saliendo más gas el globo se va a ir inflando.	
45 P1: Claro, entonces si tenemos un globo que se infla mucho y otro que se infla poco podría ser.	Explicación
<i>Fragmento clase 2</i>	<i>Estrategia</i>
38 P2: [...] Entonces aquí [en el guión] os dice que hay varias formas de medir cómo se desprende el gas. Por ejemplo, yo tengo aquí unos tubitos de ensayo, ¿vale? Esto [el líquido dentro del tubo] es también HCl y esto [sólido que introduce en el ácido] es zinc. Esta es otra reacción, no es la de los dientes, pero también hay un gas. Entonces tengo aquí tres tubos distintos, de forma que en uno de ellos la reacción va a ir más rápido y en otros más lenta. Entonces voy a echarle un trozo [de zinc] en cada tubo y ahora probamos a ver.	Modelización de un método de medida
39: Profe, si lo haces así no se ve mucho.	
40 P2: Probamos a ver si somos capaces de notar, por ejemplo, si uno va más rápido que otro.	
[...]	

<i>Fragmento clase 2</i>	<i>Estrategia</i>
44 P2: Esto sería una forma de observación a simple vista, ¿vale? ¿Y si en vez de tener tres tenemos este y este [las dos reacciones más similares] y otro que vaya más lento?	Pregunta: abierta
[...]	
49 P2: Hay otra posibilidad que es recoger el gas, ¿alguna vez habéis recogido gas?	Pregunta: cerrada
50 Rosa: No.	
51 Olga: ¡Sí, con el globo!	
52 P2: ¡Efectivamente! Una posibilidad es coger un globo; ponadlo encima de la reacción y así medimos.	Retroalimentación
53 Olga: No, pero tenía que ser antes [colocar el globo antes de que la reacción empezase].	
54 P2: No, pero vale, eso tenía que ser antes, pero es otra posibilidad para recoger el gas. Eso lo tendréis que decidir después vosotros. Y la otra posibilidad que sería más precisa, pero también más compleja, sería recoger el gas. ¿Cómo se puede recoger? Pues en este caso, ¿vale?	Modelización

Como se reproduce en estos fragmentos, existen diferencias en el andamiaje proporcionado por ambos docentes sobre la selección del método de evaluación. P1 proporciona una pista en forma de pregunta al alumnado sobre una de las tres opciones, el uso del globo y lo complementa con una explicación. P2, en cambio, modeliza cómo utilizar dos de las tres técnicas desconocidas por los estudiantes, y pregunta sobre la viabilidad de la evaluación utilizando la observación del burbujeo a simple vista y lo combina con preguntas abiertas. En este fragmento P2 no indica los criterios que serían relevantes para seleccionar un método u otro, por ejemplo, la precisión, pero hace hincapié en que es algo que van a tener que seleccionar los propios estudiantes.

Además de existir diferencias en las estrategias encaminadas a promover la selección del método de medida de la eficacia, también se identifican en la selección del criterio de medida de dicha eficacia, como se reproduce a continuación:

<i>Fragmento clase 1</i>	<i>Estrategia</i>
35 P1: Aquí estamos y tenemos suerte de hacer el experimento porque resulta que la reacción del ácido con el diente, con la concha, se ve. ¿Y por qué se ve? Porque al reaccionar libera gas. ¿Y qué pasa cuando se libera gas en el medio de agua?	Pregunta/respuesta a su propia pregunta Pregunta: abierta
36 Jorge: Salen burbujas.	
37 P1: Efectivamente, salen burbujas, es decir, vais a ver la reacción porque salen burbujas. ¿Salen burbujas en la boca? Pues probablemente sí, pero a pequeña escala, mínimas, pero se van destruyendo. Bueno, vais a ver esto [introduce la concha en un tubo con ácido y se produce la reacción]. ¿Vemos? Pues pasamos al punto. 2.	Explicación
<i>Fragmento clase 2</i>	<i>Estrategia</i>
31 P2: Es lo mismo ver qué pasta es la mejor o cuál la peor, bien. ¿En qué se nota cuando una pasta es buena de cuando no es buena?	Pregunta: abierta
32 Paula: En las caries que haya.	
33 P2: Eso en la realidad, pero ¿en nuestro modelo de laboratorio? ¡No vamos a producir caries!	Pregunta: abierta
34 Ofelia: En el tiempo que tarda en producir caries.	
35 Paula: En cuántas capas de calcio le saca, reduce.	

En estos fragmentos, P1 combina la estrategia de respuesta a las propias preguntas con la explicación de un fenómeno (liberación de CO_2 en la reacción) que puede utilizarse para evaluar la efectividad de la pasta y la acompaña con una pregunta abierta. En su caso P2 utiliza una pregunta abierta para promover la consideración de distintos criterios, pero algunas de las que proponen no están contextualizadas en el laboratorio sino en el mundo real (Paula 32).

En resumen, el uso de distintas estrategias en cada fase o la prevalencia de unas sobre las otras afectan al proceso de resolución de la tarea por parte del alumnado, tanto en el diseño de la investigación como en la puesta en práctica. Así, en la clase 1 el hecho de que P1 promueva la justificación del uso del globo para medir la eficacia de las pastas ya en la fase de contextualización de la tarea hace que los grupos acepten este método sin cuestionarse la viabilidad de otras opciones. Además, el hecho de modelizar la reacción que van a llevar a cabo en la investigación antes del diseño implica que cuatro de los cinco grupos de esta clase consideren como materiales e instrumental solo aquellos utilizados en la modelización de la reacción. También la instrucción proporcionada sobre el criterio de evaluación de la eficacia hace que tres de los cuatro grupos que proponen algún criterio hagan referencia al sugerido por el docente. Mientras que la instrucción sobre cómo redactar el informe de resultados hace que los cinco grupos incluyan la misma información en el informe.

En la clase 2, la modelización de los métodos de medida de la eficacia de las pastas hace que cada grupo proponga un método diferente en el diseño, incluso dos de ellos proponen varios criterios, siendo uno de ellos alternativo a los propuestos en el guión pero igualmente válido. El uso de preguntas abiertas para promover el uso de un criterio de evaluación de la efectividad hace que cada grupo proponga distintos criterios, siendo adecuados cuatro de los cinco propuestos. Además, el uso de preguntas, en este caso cerradas, para promover el uso de una muestra control en la investigación hace que tres de los cinco grupos incluyan el control de variables en el diseño. Como aspecto menos positivo cabe resaltar que la ausencia de estrategias de andamiaje en la fase de interpretación de resultados y conclusiones provoca que algunos grupos (dos de cinco) establezcan conclusiones poco adecuadas, no basadas en las pruebas empíricas o derivadas de la obtención de resultados anómalos en la fase de investigación.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

En este trabajo se examinan las estrategias que el profesorado utiliza para guiar al alumnado en el diseño y puesta en práctica de una investigación en el laboratorio. Los resultados muestran diferencias sustanciales, tanto en el número de estrategias utilizadas en cada fase de la tarea como en la forma en la que los docentes transfieren la responsabilidad de la resolución de la tarea a los estudiantes. En relación con la frecuencia de estrategias utilizadas en las distintas fases, ambos docentes hacen uso de mayor número de estrategias en las fases 2 de diseño de investigaciones y 3 de puesta en común del diseño, probablemente porque consideren la parte de diseño como la más complicada de la tarea, ya que se trata de la primera vez que los estudiantes se enfrentan a esta cuestión. Consideramos que deberían apoyar en la misma medida otras fases de la tarea como la 4 de experimentación y la 5 de interpretación de resultados y conclusiones. Esto es especialmente recomendable en P2, quien no utiliza estrategias de apoyo en la fase 5 y apenas en la fase 4. Cabe señalar que el andamiaje tiene como propósito ayudar a mejorar los desempeños en las tareas futuras (Reiser, 2004) por tanto debería considerarse también en las fases encaminadas a la puesta en práctica, especialmente teniendo en cuenta las dificultades señaladas en la literatura relativas a la toma de datos (Kanari y Millar, 2004) y al establecimiento de conclusiones (Austin, Holding, Bell y Daniels, 1991; Masnik y Morrison, 2002) en las actividades de investigación.

En cuanto al tipo de estrategias, la formulación de preguntas es la más frecuente, aunque el discurso de P1 se centra más en la formulación de preguntas cerradas, explicaciones y proporción de pistas, mientras que P2 hace uso de preguntas abiertas en mayor medida, lo cual se alinea más con una de las características fundamentales del andamiaje: la transferencia de responsabilidad al alumnado (Van de Pol *et al.*, 2013).

Como sugieren Reigosa y Jiménez Alexandre (2007), las estrategias de andamiaje deben analizarse junto a la toma de responsabilidad del alumnado, por lo tanto es relevante examinar las producciones del alumnado relacionadas con las estrategias docentes. Por ejemplo, los grupos de la clase 1 elaboran diseños experimentales idénticos y los informes escritos que redactan con los resultados y conclusiones de la tarea contienen las indicaciones que el profesor promueve en su discurso. En cambio, en la clase 2, los diseños propuestos por los pequeños grupos son diferentes, incluyendo algunos procedimientos alternativos que no se consideran en el guión ni en las intervenciones del profesor.

Otro ejemplo de la influencia de las estrategias docentes en el alumnado es el relacionado con el control de variables, en particular para el uso de una muestra control o blanco. Preguntar al alumnado sobre el número de muestras y pedir que justifiquen sus respuestas permite en la clase 2 obtener diferentes propuestas en los grupos y comprender las razones que dan sobre el uso de la muestra control. Esto es diferente en la clase 1, en la que el profesor sugiere el uso de la muestra control, lo que impide que el alumnado discuta sobre la necesidad de incluirla en el diseño o no. De esta forma es difícil averiguar si los estudiantes comprenden el propósito de utilizar una muestra control o no, ya que no tienen oportunidad de elaborar sus propias propuestas. Estas diferencias sugieren que las estrategias empleadas por P2, basadas en preguntas abiertas, proporcionan al alumnado más oportunidades de participar en las prácticas científicas.

Los resultados, aunque muestran diferencias y apuntan a que las estrategias empleadas por P2 son más adecuadas que las de P1, no son suficientes para promover una participación adecuada en las prácticas científicas, ya que los desempeños del alumnado no son del todo satisfactorios. Como sugieren Putambekar y Kolodner (2005), el andamiaje en forma de apoyo docente no es del todo suficiente para que los desempeños del alumnado sean satisfactorios, sino que es necesario combinarlos con otros tipos. La propuesta de Hsu *et al.* (2015) de complementar el apoyo docente con guías de trabajo escritas, especialmente en la fase de diseño de la investigación, podría contribuir a mejorar los desempeños del alumnado. Cabe señalar que la actividad analizada en este trabajo forma parte de una secuencia más amplia que se enmarca en un estudio longitudinal de dos años, en el que se examina la evolución de los desempeños del alumnado en la indagación y en el que se utilizan distintos elementos de andamiaje. Por lo tanto, la continuidad de este trabajo consiste en analizar las estrategias utilizadas y los recursos empleados por P2 a lo largo del estudio longitudinal e identificar si tienen influencia en la evolución de los desempeños del alumnado.

Aunque en este trabajo el propósito fundamental era examinar el impacto de determinadas estrategias docentes en los desempeños del alumnado relativos al diseño y puesta en práctica, consideramos que para que los desempeños del alumnado progresen no basta con identificar las estrategias docentes que más favorecen dichos desempeños, sino que es necesario también formar al profesorado, cuestión recomendada en la literatura (e.g. Alozie, Moje y Krajcik, 2010; Van de Pol *et al.*, 2012). Al igual que Van der Valk y De Jong (2009), creemos que los docentes necesitan formación sobre cómo apoyar al alumnado en este tipo de cuestiones, especialmente sobre el nivel de apoyo que deben proporcionar para mantener la esencia del enfoque, es decir sin cerrar el nivel de apertura del proceso y de razonamiento por parte del alumnado. De esta forma se sentirán más cómodos a la hora de promover la participación del alumnado en las prácticas científicas y utilizarán este enfoque más a menudo en sus aulas.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto EDU2017-82915-R financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. A los docentes y estudiantes que participaron en el estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALOZIE, N. M., MOJE, E. B. y KRAJCIK, J. S. (2010). An Analysis of the Supports and Constraints for Scientific Discussion in High School Project-Based Science. *Science Education*, 94, pp. 395-427. <https://doi.org/10.1002/sce.20365>
- AUSTIN, R., HOLDING, B., BELL, J., y DANIELS, S. (1991). *Assessment Matters No. 7: Patterns and relationships in school science*. London: School Examinations and Assessment Council.
- BELLAND, B. R., BURDO, R. y GU, J. (2015). A Blended Professional Development Program to Help a Teacher Learn to Provide One-to-One Scaffolding. *Journal of Science Teacher Education*, 26, pp. 263-289. <https://doi.org/10.1007/s10972-015-9419-2>
- CHAN, H-Y. y CHAN, H-C. (2013). Scaffolding students' online critiquing of expert and peer-generated molecular models of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 35(12), pp. 2028-2056. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.733978>
- CHRISTODOULOU, A. (2011). The science classroom as a site of epistemic talk: Two case studies of science teachers and their students. Unpublished doctoral thesis. King's College London.
- 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), pp. 63-84. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1469>
- 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, pp. 99-112. <https://doi.org/10.1039/c6rp00185h>
- DUSCHL, R. A., SCHWEINGRUBER, H. A. y SHOUSE, A. W. (2007). *Taking Science to School. Learning and Teaching Science in grades K-8*. Washington D. C: The National Academies Press.
- ERDURAN, S. y DAGHER, Z. (Eds.). (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- FORD, M. J. (2015). Educational implications of choosing «practice» to describe science in the next generation science standards. *Science Education*, 99(6), <https://doi.org/10.1002/sce.21188>
- HANNAFIN, M., LAND, S. y OLIVER, K. (1999). Open ended learning environments: foundations, methods, and models. En C. Reigeluth (Ed.). *Instructional Design Theories and Models* (Vol. II). Mahway (NJ): Erlbaum.
- 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, pp. 99-107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- HOGAN, K. y PRESSLEY, M. (1997). *Scaffolding Student Learning: Instructional Approaches y Issues*. Cambridge (M.A.): Brookline Books.

- 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- Divelbiss (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, pp. 241-273.
<https://doi.org/10.1007/s11165-014-9421-2>
- KANARI, Z. y MILLAR, R. (2004). Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), pp. 748-769.
<https://doi.org/10.1002/tea.20020>
- 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), pp. 406-424.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2013.782452>
- MASNICK, A. M. y MORRISON, B. J. (2002). Reasoning from data: The effect of sample size and variability on children's and adults' conclusions. En W. D. Gray y C. D. Schunn (Eds.). *Proceedings of the 24th annual conference of the Cognitive Science Society* (pp. 643-648). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- MCNEILL, K. L. y KRAJCIK, J. S. (2009). Synergy between teacher practices and curricular scaffolds to support students in using domain-specific and domain-general knowledge in writing arguments to explain phenomena. *Journal of the Learning Sciences*, 18(3), pp. 41-460.
<https://doi.org/10.1080/10508400903013488>
- MERCER, N. y FISHER, E. (1992). How do teachers help children to learn? An analysis of teachers' interventions in computer-based activities. *Learning and Instruction*, 2 (4), 339-355.
[https://doi.org/10.1016/0959-4752\(92\)90022-e](https://doi.org/10.1016/0959-4752(92)90022-e)
- MULDER, Y. G., BOLLEN, L., DE JONG, T. y LAZONDER, A. W. (2016). Scaffolding Learning by Modeling: the effects of partially worked-out models. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(3), pp. 502-523.
<https://doi.org/10.1002/tea.21260>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (2012). *A framework for K12 Science Education: practices, crosscutting concepts and core ideas*. Washington DC: National Academy Press.
- OSBORNE, J. (2011). Science teaching methods: a rationale for practices. *School Science Review*, 93(343).
- PALINCSAR, A. y BROWN, A. (1984). Reciprocal teaching of comprehension fostering and monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1, pp. 117-175.
https://doi.org/10.1207/s1532690xci0102_1
- PUNTAMBEKAR, S. y KOLODNER, J. K. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: helping students learn science from design. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), pp. 185-271.
<https://doi.org/10.1002/tea.20048>
- 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), pp. 337-386.
https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_4
- REIGOSA, C. y JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (2007). Scaffolded problem-solving in the physics and chemistry laboratory: Difficulties hindering students' assumptions of responsibility. *International Journal of Science Education*, 29(3), pp. 307-329.
<https://doi.org/10.1080/09500690600702454>

- REISER, B. J. (2004). Scaffolding Complex Learning: The Mechanisms of Structuring and Problematising Student Work. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), pp. 273-304.
https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_2
- REISER, B. J., BERLAND, L. K. y KENYON, L. (2012). Engaging Students in Scientific Practices of Explanation and Argumentation. *Science and Children*, 49(8), pp. 8-13.
- STONE, C. A. (1998). The metaphor of scaffolding: Its utility for the field of learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 31, pp. 344-364.
<https://doi.org/10.1177/002221949803100404>
- VAN DE POL, J. y ELBERS, E. (2013). Scaffolding student learning: a micro analysis of teacher-student interaction. *Learning, Culture and Social Interaction*, 2, pp. 32-41.
<https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2012.12.001>
- VAN DE POL, J., VOLMAN, M. y BEISHUIZEN, J. (2010). Scaffolding in teacher student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review*, 22(3), pp. 271-296.
<https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6>
- VAN DER VALK, T. y DE JONG, O. (2009). Scaffolding Teachers in Open-Inquiry Teaching. *International Journal of Science Education*, 31(6), pp. 829-850.
<https://doi.org/10.1080/09500690802287155>
- VIGOTSKY, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica, D. L.
- WOOD, D., BRUNER J. y ROSS, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, pp. 89-100.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- ZANGORI, L., FORBES, C. T. y SCHWARZ, C. V. (2015). Exploring the Effect of Embedded Scaffolding Within Curricular Tasks on Third-Grade Students' Model-Based Explanations about Hydrologic Cycling. *Science and Education*, 24, pp. 957-981.
<https://doi.org/10.1007/s11191-015-9771-9>

ANEXO

Guión de la tarea proporcionada a los estudiantes (extractos)

Las caries son un problema habitual entre los adolescentes. Se producen debido al medio ácido que las bacterias crean en la boca después de comer ciertos alimentos que contienen azúcares. Esa acidez provoca la disolución de ciertos compuestos (carbonatos) en los dientes, debilitándolos. Para evitarlo los dentistas recomiendan lavar los dientes con pastas ricas en fluoruro de sodio (NaF), que retarda la reacción de disolución de los carbonatos, es decir, la aparición de caries.

Se realizó una campaña de prevención de caries en los colegios en la cual se regalaban tubos de pasta de dientes (x e y). Pasado un tiempo se encontró que algunos de estos estudiantes tenían más caries que el resto a pesar de utilizar una de las pastas. Para evitar que aparezcan más casos es necesario averiguar cuál de las pastas de dientes es la que no funciona bien y así retirarla del mercado.

PARTE 1: DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Diseña un experimento que permita comprobar qué pasta es la menos efectiva. Para esto dispones de trozos de conchas de almejas (ricas en carbonato de calcio), como simulador de los dientes y ácido clorhídrico para simular el ambiente que se crea en la boca después de las comidas.

Influence of different scaffolding strategies for engaging secondary students in scientific practices

Beatriz Crujeiras Pérez, María Pilar Jiménez Aleixandre
Departamento de Didácticas Aplicadas, Universidade de Santiago de Compostela,
Santiago de Compostela, Galicia, España
beatriz.crujeiras@usc.es, marilarj.aleixandre@usc.es

This paper examines the adequacy of different teaching strategies to scaffold students' engagement in scientific practices. The research objectives are: 1) to analyse the teaching strategies used to guide students in planning and carrying out an investigation in the laboratory; and 2) to examine students' reactions to the received scaffolding strategies through their performances in planning and carrying out an investigation.

The methods draw from qualitative research, adequate for an in-depth examination of teaching practices and teachers' discourse.

The participants are two secondary teachers and their respective groups of 9th grade students (14-15 years old) attending Physics and Chemistry lessons.

The teachers had different profiles: T1, in his early forties, has a biology background and ten years of teaching experience. T2, in his early fifties, has a chemistry background and 25 years of teaching experience. Working in small groups, students were asked to plan and implement an experimental design to compare the effectiveness of two toothpastes for preventing tooth decay (see Appendix). They were given clamshells to simulate the teeth and hydrochloric acid to simulate the acid environment in the mouth. The laboratory task was carried out in two consecutive sessions and it is divided into five phases: 1) contextualization; 2) planning the investigation; 3) sharing the plans; 4) experimentation; and 5) interpreting results and drawing conclusions.

Data collection included participant observation by the first author, video recording of teachers' and small groups' performances as well as the collection of their written products. The conversations were transcribed and coded through several iterative cycles of analysis according to a framework for scaffolding strategies developed by Van de Pol, Volman and Beishuizen (2010) containing six categories: feeding back, hints, instructing, explaining, modelling and questioning.

The main results point to the use of a similar number of strategies by both teachers (35 teacher 1, 31 teacher 2). In addition, they also present a similar pattern, using more strategies in the first three phases of the task than in the final two. However, the use of particular strategies is different. Teacher 1 uses questions, instructions and explanations whereas teacher 2 focuses mainly on questions.

These differences in the use of strategies affect students' performances. Students in classroom 1 planned identical plans and wrote similar reports containing the tips teacher 1 had prompted them to write. In contrast, students in classroom 2 provide different plans, including in some cases alternative procedures than those suggested in the handout. However, despite being more creative, classroom 2 students' performances in planning and carrying out the investigation were not completely correct. This finding suggests that although teacher 2's strategies were more adequate to scaffold students, they did not suffice. Therefore, we suggest to combine teaching strategies with other strategies such as handout embedded prompts or orientation tools in order to promote appropriate inquiry performances.