



ANÁLISIS DEL POTENCIAL DEL ANDAMIAJE INSERTADO PARA PROMOVER LA PLANIFICACIÓN DE UNA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

Resumen

Este trabajo examina la utilidad del andamiaje insertado en el guion de una actividad de indagación para promover la participación del alumnado en la práctica del diseño de investigaciones. Los participantes son 61 estudiantes de educación secundaria de 2º, 3º y 4º curso que se corresponden con alumnado de 14, 15 y 16 años respectivamente cursando la asignatura de física y química. La tarea utilizada para el análisis se enmarca en el contexto de la industria láctea, en particular en un problema de precipitación de la leche fresca, para el cual los estudiantes tienen investigar las causas, a través del diseño y puesta en práctica de una investigación en el laboratorio escolar. Para la toma de datos se recogen las producciones escritas de los estudiantes, las cuales se analizan comparándolas con la respuesta de referencia para resolver la cuestión. Los resultados principales muestran una baja eficacia del andamiaje utilizado.

Palabras clave: planificación de investigaciones; prácticas científicas; andamiaje; educación secundaria

ASSESSING THE POTENTIAL OF HANDOUT-EMBEDED SCAFFOLDING TO ENGAGE HIGH SCHOOL STUDENTS IN PLANNING A SCIENTIFIC INVESTIGATION

Abstract

This study analyses the potential of the handout-embedded scaffolding to support high school students in planning a scientific investigation. The participants are 61 high school students from three different grades (8, 9 and 10) corresponding to 14, 15 and 16 years old respectively attending Physics and Chemistry lessons. The task is framed in the context of dairy industry, in particular in a problem of precipitation in fresh milk, for which students should plan an investigation to find out what caused the lumpy precipitate. For data analysis, we examine students' written plans and compare each performance to a reference framework for solving the task. The main results point to a low efficiency of the handout-scaffolding provided.

Keywords: planning investigations; scientific practices; scaffolding; high school

Autores: Beatriz Crujeiras-Pérez^a y David Pérez-Vidal^b

^a Doctora en didáctica de las ciencias experimentales. Profesora ayudante doctora en la Universidade de Santiago de Compostela, España. Correo electrónico: beatriz.crujeiras@usc.es

^b Universidade de Santiago de Compostela, España.



ANÁLISIS DEL POTENCIAL DEL ANDAMIAJE INSERTADO PARA PROMOVER LA PLANIFICACIÓN DE UNA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

Introducción

En la actualidad existe consenso sobre la necesidad de promover una educación científica coherente con el proceso de construcción del conocimiento científico (e.g. Duschl y Grandy, 2013; Kelly, 2008; Osborne, 2014). Uno de los enfoques adecuados para tal fin es el aprendizaje a través de la participación en las prácticas científicas (NRC, 2012), el cual ayuda a los estudiantes a comprender cómo se construye el conocimiento científico, además de proporcionarles una visión de la gran variedad de métodos utilizados para investigar, modelar y explicar el mundo. Lo relevante de este enfoque es la construcción significativa del conocimiento científico más que la reproducción de procedimientos científicos (Berland et al., 2016).

La planificación y puesta en práctica de investigaciones es una de las prácticas científicas de construcción de conocimiento (NGSS, 2013). Esta práctica requiere que el alumnado formule la pregunta a investigar, prediga resultados y planifique las acciones a llevar a cabo para obtener los mejores datos que permitan resolver la cuestión a investigar.

La parte de planificación se considera como una de las prácticas más difíciles para el alumnado (Jones, Gott y Jarman, 2000; Toplis, 2007), ya que implica numerosas operaciones. Uno de los principales problemas está relacionado con la operación de control de variables, ya que requiere poner en juego varias destrezas, por ejemplo, la capacidad para diseñar experimentos en distintas condiciones con respecto a una única variable (Chen y Klar, 1999), así como el diseñar experimentos en los que se modifica la variable equivocada o se modifica más de una variable (Siler y Klahr, 2012).

Aún así la práctica de planificación y puesta en práctica de investigaciones proporciona grandes oportunidades al alumnado para construir conocimiento científico de forma significativa. Para ello es necesario proporcionales andamiaje durante el proceso, especialmente cuando no tienen experiencia en la realización de actividades de este tipo.

La noción de andamiaje se enmarca en la perspectiva sociocultural de aprendizaje y se refiere al proceso en el que una persona con más conocimiento ayuda a otra a resolver una tarea que no sería capaz de resolver por sí mismo (Wood, Bruner y Ross, 1976). Se basa en el concepto de zona de desarrollo próximo, que refleja la distancia entre el nivel de desarrollo actual del aprendiz (estudiante), determinada por las actividades que pueden 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) (Vygotsky, 1978).

En la literatura existen numerosos estudios sobre procesos de andamiaje y estrategias utilizadas para tal fin, tanto teóricos como empíricos. La mayoría de contribuciones se dedican a caracterizar los elementos principales que intervienen en los procesos de andamiaje (e.g. Hogan y Pressley, 1997) o en las variantes existentes (Hannafin, Land and Oliver, 1999), así como también a examinar la influencia de varias estrategias de apoyo proporcionadas al alumnado durante el proceso de resolución de una tarea (e.g. Belland, Burdo y Gu, 2015; Van de Pol, Volman y Beishuizen, 2010). Este amplio cuerpo de conocimiento sobre andamiaje incluye estrategias y recursos variados, entre los que se encuentran las herramientas digitales (e.g. Kyza, Constantinou y Spanoudis., 2011; Reiser,



2004; Zhang and Quintana, 2012), las pistas discursivas (Van de Pol et al., 2010), o el apoyo insertado en el enunciado de la tarea (Chang y Chang, 2013; Zangori, Forbes y Schwarz, 2015).

En este trabajo se utiliza el apoyo insertado en el enunciado de la tarea como guía para la planificación de la investigación científica. Este tipo de apoyo está motivado por un estudio previo (Crujeiras-Pérez y Jiménez-Aleixandre, 2017), realizado durante dos años consecutivos con el mismo grupo de estudiantes de educación secundaria, en el cual el docente proporcionó el andamiaje a través de pistas discursivas. Este apoyo resultó insuficiente para conseguir planificar investigaciones adecuadas, especialmente en lo relacionado con el diseño del procedimiento a seguir y con la selección de los materiales e instrumental necesario para realizar la investigación.

El objetivo de la investigación realizada en este trabajo es examinar el potencial del andamiaje utilizado en una tarea de indagación para guiar al alumnado en la práctica de la planificación de investigaciones a través de los desempeños del alumnado.

Metodología

El estudio se enmarca en la investigación cualitativa (Denzin y Lincoln, 2000), en particular en el análisis del contenido (Schreier, 2012), en el que se pretende describir el significado de los datos a través de la evaluación sucesiva de partes de la información hasta elaborar una serie de categorías dentro de un marco de codificación.

Contexto y participantes

La investigación se lleva a cabo en un instituto urbano, en particular en tres aulas de tres cursos diferentes en las cuales se impartía la asignatura de Física y Química: 2º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) (N=28), 3º de ESO (N=17) y 4º de ESO (N=16) que se corresponden con estudiantes de 14, 15 y 16 años respectivamente. El número de participantes de cada grupo se corresponde con el total del alumnado matriculado en la asignatura. Cabe señalar que los participantes no estaban familiarizados con el diseño y evaluación de investigaciones, siendo la primera vez que se enfrentaban a una tarea de este tipo, incluso en 4º de ESO aunque sí tenían experiencia en realizar actividades de laboratorio tradicionales siguiendo una serie de pasos pre-establecidos.

Descripción de la tarea objeto de análisis

La tarea diseñada para examinar los desempeños del alumnado relativos a la evaluación de los diseños de investigación se enmarca en un problema auténtico (Jiménez-Aleixandre, 2010) en el contexto de la industria láctea, en la que se identifica la aparición de un precipitado de aspecto grumoso en uno de los tanques de leche, que podría deberse a un error humano. Para que no se vuelva a producir es necesario identificar la causa real de la aparición de dicho precipitado de las proteínas de la leche. Para esto los estudiantes deben planificar cómo investigar la cuestión, haciendo uso de la información proporcionada en el guión de la tarea, reproducido en el anexo 1. Para facilitar la tarea de planificación se descompone el diseño de la investigación en cinco apartados encabezados con preguntas, conformando en su conjunto el propio diseño: 1) ¿qué problema se produjo? 2) ¿por qué ocurrió el problema? 3) ¿qué pasos debemos seguir para descubrir qué producto se añadió a la leche? 4) ¿cómo podremos saber qué producto químico causó el problema? 5) ¿cuándo podremos dar por finalizada la investigación?

Herramientas para la toma de datos y el análisis

La toma de datos incluye las respuestas escritas de los estudiantes a las preguntas utilizadas como guía de la planificación, así como las notas de campo recogidas durante la implementación de la tarea como ayuda para la codificación.

Para el análisis se examinan las producciones escritas de los estudiantes a las preguntas 3, 4 y 5 proporcionadas en el guión de la tarea y se comparan con la respuesta de referencia (ideal) elaborada para cada pregunta y que se reproduce en el anexo 2. A partir de dicha comparación se elabora una rúbrica, basada en otro trabajo (Crujeiras-Pérez y Cambeiro, 2017), que comprende cinco dimensiones y cada dimensión tres categorías que representan distintos niveles de desempeño, siendo el nivel representado con la letra a el más adecuado y con la letra c el menos adecuado.

Resultados

Los resultados correspondientes a los desempeños del alumnado en la planificación de la investigación en los distintos cursos se representan en la tabla 1, en porcentaje para poder establecer comparaciones entre los grupos analizados.

	Niveles de desempeño	%		
		2ºESO (N=28)	3ºESO (N=17)	4ºESO (N=16)
P	a. Propone un procedimiento organizado y detallado que permite resolver la investigación	0	0	0
	b. Propone un procedimiento organizado, pero no lo suficientemente detallado para resolver la investigación	36	76	56
	c. Propone un procedimiento no relacionado con la cuestión a investigar o no propone ninguna acción concreta	64	24	44
MI	a. Incluye todos los materiales y el instrumental necesario para investigar la cuestión	0	0	0
	b. Incluye todos los materiales y parte del instrumental necesario para investigar la cuestión	64	71	81
	c. No incluye todos los materiales ni el instrumental necesario para investigar la cuestión	36	30	19
CI	a. Considera el criterio de identificación (aparición grumosa) de forma explícita en el diseño	82	88	81
	b. Considera el criterio de identificación (aparición grumosa) de forma implícita en el diseño	11	6	19
	c. No considera el criterio de identificación en el diseño	7	6	0
CV	a. Tiene en cuenta el control de las tres variables implicadas en la investigación (volumen de reactivos, tiempo y temperatura)	7	41	50
	b. Tiene en cuenta el control de alguna de las variables implicadas	43	47	44
	c. No tiene en cuenta el control de variables	50	12	6
F	a. Propone un número concreto de repeticiones de los experimentos	0	0	0
	b. Tiene en cuenta la necesidad de repetir los experimentos, pero para obtener diferentes resultados, no para asegurar la fiabilidad de las pruebas.	11	18	19
	c. No tiene en cuenta la repetición de los experimentos	89	82	81

Tabla 1. Rúbrica de desempeños del alumnado de secundaria relativos a la planificación de una investigación. Leyenda: P=procedimiento; MI= materiales e instrumental; CI= Criterio de identificación; CV= control de variables; F= fiabilidad

Como se representa en la tabla 1, los desempeños son diferentes tanto a nivel de los distintos cursos como de las distintas operaciones implicadas en la planificación. En algunas operaciones como el procedimiento, materiales e instrumental y fiabilidad, no se identifican desempeños adecuados, ya que todos los estudiantes se sitúan entre los niveles b y c.

A continuación se discuten los desempeños de los distintos grupos de estudiantes relativos a las operaciones implicadas en la planificación.

En relación a la dimensión procedimiento, como se ha indicado anteriormente, no existe ningún alumno en ninguno de los cursos cuyos desempeños se sitúen en el nivel a, el más adecuado, ya que ninguno elabora un procedimiento lo suficientemente ordenado y detallado que permita investigar la causa de la aparición del precipitado grumoso en la leche. Los mejores desempeños se identifican en 3º de ESO, en el cual el 76% del alumnado propone un procedimiento organizado pero no lo suficientemente detallado para permitir investigar la cuestión. Un ejemplo es la propuesta de A35: "1. coger 3 vasos de precipitados y echarle la misma cantidad de leche a los tres. 2. Ponerlos a una temperatura de 4°C en la nevera. 3. A cada vaso ponerles una etiqueta, uno con NaOH, otro con H₂O₂ y otro con vinagre. 4. Echarles a cada uno un producto diferente pero la misma cantidad. 5. Esperar dos horas. 6. El que tenga leche sólida (grumos) será el producto". Esta propuesta de procedimiento está ordenada pero no lo suficientemente detallada ya que no indica el volumen de leche y reactivos que va a utilizar. En 4º curso sucede algo similar aunque el porcentaje de alumnado en la categoría b es inferior (56%). En 2º de ESO la mayoría de los estudiantes (el 64%) se sitúan en el nivel más bajo (c) ya que proponen procedimientos que no guardan relación con la cuestión a investigar o son demasiado generales. Un ejemplo es el propuesto por A16 quien señala: "Primero iría al laboratorio y analizaría el producto, pienso que haciendo una filtración, es decir, separar los líquidos de los grumos e intentar analizar el líquido y los grumos". Como se observa en esta respuesta, su procedimiento, además de incompleto, no es compatible con la cuestión a investigar. Esta respuesta podría estar motivada por el hecho de que los días previos a la realización de la tarea se abordó en el aula la separación de sustancias.

En cuanto a la dimensión materiales e instrumental, tampoco se identifican desempeños en el nivel más elevado, repartiéndose entre el intermedio y el bajo. Los porcentajes mayoritarios se identifican en el nivel intermedio para todos los cursos, siendo más elevados en 4º de ESO que en el resto. Un ejemplo es el propuesto por A47: "Probar vertiendo en el vaso de precipitados la leche y con una pipeta probar a echar el vinagre (medido) en el vaso y por último introducirlo en la nevera. Si el resultado no fue el esperado probaremos subiendo o bajando la cantidad, temperatura y el tiempo y si no probaremos con otros productos (hidróxido de sodio). con las etiquetas, las ponemos en el vaso de precipitados para identificar el producto". En esta propuesta el alumno incorpora todos los materiales a utilizar y algún instrumental de laboratorio al que se refiere utilizando la terminología correcta como el vaso de precipitados o la pipeta. Situamos esta respuesta en el nivel intermedio porque no tiene en cuenta todo el material e instrumental que necesita para la investigación ya que no tiene en cuenta, por ejemplo, el uso de las probetas para medir el volumen de leche o la medida de la temperatura con el termómetro para asegurarse que la temperatura de las muestras es de 4°C.

En relación a la dimensión criterio de identificación, la mayoría de los estudiantes de todos los cursos se sitúan en el nivel más elevado representando el 82, 88 y 81% del alumnado en 2º, 3º y 4º curso respectivamente. Estos resultados sugieren que las preguntas 1 y 2 "¿qué problema se produjo? y ¿por qué ocurrió el problema? utilizadas



como andamiaje, son útiles para establecer el criterio de identificación ya que el 80% del alumnado participante en el estudio considera la formación del precipitado grumoso como criterio en sus diseños.

En cuanto al control de variables, los resultados son bastante diferentes en los cursos, especialmente en 2º de ESO, en el cual solamente el 7% del alumnado propone el control de las tres variables que intervienen en la investigación (volumen de leche y reactivos, tiempo y temperatura) y el 50% de los mismos no tienen en cuenta el control de variables. En los otros cursos el porcentaje de alumnado que se sitúa en el nivel superior es mucho más elevado, representando el 41 y 50% en 3º y 4º de ESO respectivamente. Un ejemplo de respuesta para este nivel superior es la proporcionada por A35 (3º ESO) discutida en la dimensión procedimiento. En esta respuesta la alumna tiene en cuenta la variable volumen (echar la misma cantidad de leche en los vasos y la misma cantidad de reactivo), la temperatura (poner los vasos en la nevera a 4ºC) y el tiempo (esperar dos horas).

Aunque los resultados obtenidos no son del todo satisfactorios, ya que el porcentaje de alumnado en el nivel superior no es demasiado elevado, pensamos que la información de apoyo insertada en el enunciado de la tarea ["Debes realizar varios pasos, es decir, realizando primero unas pruebas y luego otras, cambiando o manteniendo constantes diferentes aspectos (cantidades de productos, temperaturas, tiempos, o lo que consideres)], puede haber sido útil para guiar a los estudiantes de 3º y 4º de ESO en la necesidad de controlar variables, ya que sin esta información probablemente ninguno hubiese tenido en cuenta esta dimensión en sus diseños. Aún así, este tipo de apoyo no es suficiente para el alumnado de 2º de ESO.

Por último, la dimensión fiabilidad, es para la que peores resultados se identifican en todos los cursos, ya que ningún estudiante propone un número determinado de repeticiones de los experimentos que componen la investigación y muy pocos son los que consideran la necesidad de repetir las pruebas para que la investigación sea fiable, representando menos del 20% del alumnado en cada curso. Un ejemplo de respuesta correspondiente a este nivel intermedio es la proporcionada por A40: "*Cuando pase el tiempo sacar [el vaso de precipitados de la nevera] y mirar si se produjo esa reacción, si eso fuese así terminaría la investigación. En caso de que no sucediese repetiría el mismo proceso con el resto de botellas*". Como se reproduce en la respuesta del alumno, aunque considera la repetición, lo entiende como reproducir el mismo experimento con otro reactivo, no con el mismo para comprobar que el resultado sea fiable. Esta idea se observa en todas las respuestas codificadas en el nivel b. En base a los resultados obtenidos pensamos que el andamiaje utilizado, es decir, la pregunta tal y como se ha formulado no permite obtener las respuestas esperadas.

En general, aunque los resultados no son del todo satisfactorios, especialmente en 2º de ESO, el alumnado es ordenado y tiene en cuenta numerosos aspectos importantes para el diseño de la investigación propuesta. No obstante, los estudiantes deberían explicar con mayor detalle los pasos a seguir para resolver la cuestión, controlar todas las variables y tener en cuenta la repetición de las pruebas para obtener datos fiables.

Discusión y conclusiones

El propósito de este trabajo consiste en examinar el potencial del andamiaje utilizado en una tarea de indagación a través de los desempeños del alumnado relativos a la



planificación de una investigación, ambientada en el contexto de la industria láctea, en la que se debe identificar la causa de un problema de precipitación de las proteínas de la leche en uno de los tanques de almacenamiento.

A nivel general los desempeños del alumnado apuntan a dificultades para planificar la investigación, en particular, en relación a la propuesta de un procedimiento detallado que permita investigar la cuestión así como a la selección de todo el material e instrumental necesario y al control de variables y criterios de fiabilidad de la investigación. Estos resultados podrían relacionarse con la falta de conocimiento del alumnado sobre naturaleza de la ciencia y sobre cómo se construye el conocimiento científico, cuestión poco trabajada en las aulas.

A raíz de estos resultados se puede concluir que el andamiaje insertado en el guion de la tarea no es efectivo y/o suficiente para conseguir producciones adecuadas, a diferencia de lo identificado en otros estudios (Chang y Chang, 2013; Zangori et al., 2015), lo cual podría deberse a la distinta naturaleza de los estudios, siendo el nuestro menos centrado en contenido y más en destrezas.

Por tanto nuestros resultados sugieren la necesidad de diseñar otras estrategias de apoyo más efectivas poder guiar al alumnado de forma más satisfactoria, por ejemplo dirigidas a comprender la necesidad de elaborar procedimientos detallados. Una forma de abordar estas cuestiones podría ser a través de la evaluación de distintos procedimientos prediseñados seguidos de una reflexión sobre cómo mejorar la calidad de los mismos para resolver la cuestión objeto de estudio.

Cabe señalar que este alumnado era la primera vez que realizaba una actividad de este estilo por ello que no podemos inferir que los resultados se deban exclusivamente a la baja potencialidad del andamiaje proporcionado. Hay que tener en cuenta también las dificultades asociadas a este proceso identificadas en la literatura como la tendencia del alumnado a elaborar procedimientos poco detallados (Crujeiras-Pérez y Cambeiro, 2017; García-Carmona, Criado y Cruz-Guzmán, 2017), o a las dificultades para controlar las variables en los experimentos (Chen y Klahr, 1999).

Con todo, esta investigación permite identificar las operaciones en las que se necesita profundizar en mayor medida a la hora de planificar una investigación en el aula de secundaria, así como identificar aquéllas cuestiones que deben guiarse de una forma determinada en función del curso para el que se proponga la tarea de investigación. En definitiva, este estudio de carácter transversal, permite obtener una imagen de cómo se enfrenta el alumnado de distintas edades al diseño de una investigación científica.

Agradecimientos

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

Referencias

- 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, 263-289.
- Berland, L. K., Schwarz, C., Krist C., Kenyon, L., Lo, A. S., y Reiser, B. J. (2016). Epistemologies in practice: Making scientific practices meaningful for students, *Journal of Research in Science Teaching*, 53(7), 1082-1112.



- Chang, H-Y. y Chang, H-C. (2013). Scaffolding students' online critiquing of expert-and peergenerated molecular models of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2028-2056.
- Chen, Z. y Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Children Development*, 70, 1098–1120.
- Crujeiras-Pérez, B. y Cambeiro, F. (2017). ¿Cómo podemos averiguar si Limpics es un fraude? Aprendiendo a diseñar investigaciones en educación secundaria. *Educación Química*, 28, 174-180.
- Crujeiras-Pérez, B. Jiménez-Aleixandre, M.P. (2017). High school students' engagement in planning investigations: findings from a longitudinal study in Spain. *Chemistry Education Research and Practice*, 18, 99-112.
- Denzin, N. K. y Lincoln, Y. S. (2000). The discipline and practice of qualitative research. En Denzin N. K. y Lincoln Y. S. (eds.). *Handbook of Qualitative Research*, segunda edición, California: Sage Publications, pp.1-28.
- Duschl, R. A. y Grandy, R. (2013). Two views about explicitly teaching Nature of Science. *Science Education*, 22, 2109–2139.
- García-Carmona, A., Criado, A. M. y Cruz-Guzmán M. (2017). Primary pre-service teachers' skills in planning a guided scientific inquiry. *Research in Science Education*, 47, 989-1010.
- 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, pp. 115-140.
- Hogan, K. y Pressley, M. (1997). *Scaffolding Student Learning: Instructional Approaches y Issues*. Cambridge (M.A.): Brookline Books.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). 10 ideas clave: Competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona: Graó.
- Jones, M. E., Gott, R. y Jarman, R. (2000). Investigations as part of the Key Stage 4 science curriculum in Northern Ireland, *Educational Research and Evaluation*, 14, 23–37.
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity and epistemic practice. En R. A. Duschl y R. E. Grandy (eds.). *Teaching Scientific Inquiry*. Rotterdam: Sense Publishers, pp. 99–117.
- Kyza, E. A., Constantinou, C. P., y Spanoudis, G. (2011), Sixth Graders' Co-construction of Explanations of a Disturbance in an Ecosystem: Exploring relationships between grouping, reflective scaffolding, and evidence-based explanations. *International Journal of Science Education*, 33(18), 2489-2525.
- National Research Council. (NRC). (2012). *A framework for K12 Science Education: practices, crosscutting concepts and core ideas*, Washington, DC: National Academy Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*, Washington, DC: The National Academies Press.
- 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*, New York: Routledge, vol. II, pp. 579–599.
- Reiser, B. J. (2004). Scaffolding Complex Learning: The Mechanisms of Structuring and Problematising Student Work, *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 273-304.
- Schreier, M., (2012). *Qualitative content analysis in practice*. London, United Kingdom: Sage.



- Siler, S. y Klahr, D. (2012). Detecting, classifying and remediating children's explicit and implicit misconceptions about experimental design. En R. W. Proctor y E. J. Capaldi (eds.). *Psychology of Science: Implicit and Explicit Processes*, NewYork: Oxford University Press, pp. 137–180.
- Toplis, R. (2007). Evaluating science investigations at ages 14-16: dealing with anomalous results. *International Journal of Science Education*, 29 (2), 127- 150.
- 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.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wood, D., Bruner J. y Ross G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89–100.
- 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, 957-981
- Zhang, M. y Quintana C. (2012). Scaffolding strategies for supporting middle school students' online inquiry processes. *Computers and Education*, 58, 181-196.



ANEXO 1. GUION DE LA TAREA PROPORCIONADO A LOS ESTUDIANTES

Imagina que eres el jefe de laboratorio de una industria láctea. Un día un trabajador te comenta que la leche tiene un aspecto diferente del habitual, observándose grumos en uno de los tanques de almacenamiento. Cuando le preguntas sobre lo sucedido el te responde que siguió el protocolo habitual, pero como la leche llevaba varios días almacenada en el tanque, le añadió un poco de peróxido de hidrógeno para conservarla mejor, proceso utilizado a veces en la industria láctea para conservar la leche en buen estado. A continuación le preguntas dónde cogió el agua oxigenada y cuando te lleva al almacén donde la guardan observas que hay tres botellas en el armario destinado al peróxido: una con hidróxido de sodio, otra con peróxido y otra con ácido acético.

¿Cómo harías para averiguar qué sucedió? Diseña una investigación que permita averiguarlo.

Para ello debes considerar que:

- El trabajador añadió la cantidad recomendada de producto químico, por lo que el error que se produjo estaría en la botella utilizada.
- Añadiendo una cantidad muy pequeña de reactivo a la leche permite observar el problema (los grumos).
- El precipitado apareció dos horas después de añadir el reactivo y la temperatura de la leche almacenada era de 4°C.

A continuación se presentan una serie de preguntas. Responderlas os ayudará a realizar una mejor propuesta de investigación.

1. ¿Qué problema se produjo?
2. ¿Por qué ocurrió el problema?
3. ¿Qué pasos debemos seguir para descubrir qué producto se añadió a la leche?
Para ello ten en cuenta que:

- Dispones de un laboratorio para experimentar con todos los materiales y productos que necesites, por ejemplo leche, vinagre, vasos de precipitados, etiquetas, pipetas, etc.
- Debes realizar varios pasos, es decir, realizando primero unas pruebas y luego otras, cambiando o manteniendo constantes diferentes aspectos (cantidades de productos, temperaturas, tiempos, o lo que consideres)

4. ¿Cómo podremos saber qué producto químico causó el problema?
5. ¿Cuándo podremos dar por finalizada la investigación?



ANEXO 2. RESPUESTA DE REFERENCIA PARA LA CODIFICACIÓN DE LAS PRODUCCIONES ESCRITAS DE LOS ESTUDIANTES A CADA PREGUNTA DEL DISEÑO

1. *¿Qué problema se produjo?*

El trabajador, debido a un mal almacenamiento de los productos químicos, añadió a la leche un reactivo que no era agua oxigenada. Como consecuencia apareció un precipitado grumoso. Hay que investigar qué reactivo fue el causante del problema.

2. *¿Por qué ocurrió el problema?*

El problema sucedió porque se añadió algo a la leche que no era agua oxigenada. Esto pudo deberse a: 1) haber añadido hidróxido de sodio (NaOH) o 2) ácido acético (CH₃COOH).

3. *¿Qué pasos debemos seguir para descubrir qué producto se añadió a la leche?*

Tenemos que añadir 100mL de leche en dos vasos de precipitados con una probeta. A continuación añadiremos una pequeña cantidad de reactivos: NaOH a un vaso y CH₃COOH a otro (por ejemplo 5 mL) utilizando una pipeta diferente para cada reactivo. Después etiquetaremos cada vaso con el nombre del reactivo añadido para que podamos identificarlos y los colocamos en la nevera a 4°C durante dos horas para reproducir las mismas condiciones en las cuales apareció el precipitado en el tanque de leche.

4. *¿Cómo podremos saber qué producto químico causó el problema?*

Al cabo de dos horas sacaremos los vasos de la nevera y observaremos si se aparece el precipitado en alguno de los vasos. Si aparece en el vaso con NaOH y el que tiene CH₃COOH conserva su aspecto inicial el problema estará causado por la adición de NaOH a la leche. Por el contrario si el precipitado grumoso aparece en el otro vaso, el causante será el CH₃COOH. Y si la leche de ambos vasos conserva su aspecto inicial, deberemos investigar otras causas.

5. *¿Cuándo podremos dar por finalizada la investigación?*

Una vez que confirmemos los resultados mediante la repetición de las pruebas como mínimo dos veces.