



# Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas

## Challenges posed by open inquiry tasks in the laboratory: articulation of theoretical and practical knowledge in scientific practices

beatriz Crujeiras Pérez, María Pilar Jiménez Aleixandre  
*Universidade de Santiago de Compostela*  
beatriz.crujeiras@usc.es, marilarj.aleixandre@usc.es

**RESUMEN** • Se analizan las prácticas de contextualización de tres pequeños grupos de alumnado de máster durante la realización de una indagación en el laboratorio que supone la participación en las prácticas científicas. El objetivo es examinar los desafíos planteados por una actividad abierta, a través del análisis del proceso de contextualización, es decir, de conexión del conocimiento teórico relevante al contexto (cómo evitar el oscurecimiento en las manzanas cortadas), transformándolo en decisiones y acciones prácticas. Los resultados indican las dificultades de los participantes para movilizar los conocimientos teóricos relevantes y articularlos con los conocimientos prácticos. Se discuten implicaciones para el diseño de actividades abiertas que pretendan la inmersión en prácticas científicas, y para planificar el andamiaje.

**PALABRAS CLAVE:** contextualización; prácticas científicas; indagación; laboratorio; actividades abiertas.

**ABSTRACT** • This paper analyses the contextualising practices of three small groups of master students engaged in an inquiry-based laboratory task, involving their participation in scientific practices. The objective is to examine the challenges involved in the process of contextualisation, in other words the process of connecting relevant theoretical knowledge to the context of an open task (to find a way to avoid browning in sliced apples), and transforming it into decisions and practical actions. The results show that participants had difficulties mobilising relevant theoretical knowledge and articulating it to practical actions. We discuss the implications, for the design of open tasks aimed at immersion in scientific practices and for planning adequate scaffolding.

**KEYWORDS:** contextualisation; scientific practices; inquiry; laboratory; open tasks.

Fecha de recepción: abril 2014 • Aceptado: diciembre 2014

Crujeiras, B., Jiménez, 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

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de laboratorio se considera un entorno adecuado para el aprendizaje a través de la indagación sin embargo, las prácticas habituales de laboratorio no siempre permiten alcanzar estos objetivos (Hodson, 1990). Existen estudios sobre las deficiencias en las actividades de laboratorio tradicionales, pero hay pocos sobre los desafíos que implica la realización de actividades de indagación (Lunetta, Hofstein y Clough, 2008).

Este estudio pretende contribuir a la comprensión de las dificultades experimentadas por los participantes para aplicar el conocimiento teórico a un contexto en el que deben planificar y poner en práctica en el laboratorio una investigación relacionada con la vida cotidiana y al tipo de apoyo docente necesario.

Los objetivos de investigación son:

1. Analizar los desafíos específicos planteados por una actividad abierta de indagación en el laboratorio, que pretende la participación en las prácticas científicas, a través del proceso de conexión del conocimiento teórico relevante al contexto, transformándolo en decisiones y acciones prácticas, proceso definido como contextualización.
2. Examinar la influencia del tipo de apoyo proporcionado por los docentes para guiar a los participantes en el proceso de resolución de la tarea.

## MARCO TEÓRICO

### Indagación en el laboratorio

Existe un consenso creciente en considerar la participación en las prácticas científicas, como la planificación y puesta en práctica de investigaciones, una parte integral del aprendizaje de las ciencias (NGSS, 2013). Las prácticas científicas pueden desarrollarse a través de procesos de indagación y el laboratorio es potencialmente un contexto adecuado para ello, así como para promover el aprendizaje de las ciencias (Högstrom, Ötander y Benckert, 2010). La indagación es una de las tres prácticas científicas, junto con la evaluación del conocimiento (argumentación) y la construcción de explicaciones y modelos.

La indagación científica es una dimensión importante en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias porque requiere que los estudiantes utilicen el conocimiento teórico junto con las destrezas y actitudes científicas y sociales para resolver problemas. «La indagación científica se refiere a las diversas formas en las que los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en las pruebas derivadas de su trabajo» (NRC, 1996: 23).

Involucrar al alumnado en la indagación científica significa hacerlos participar en las prácticas discursivas y de razonamiento de los científicos, pero no necesariamente en sus actividades profesionales (Reiser *et al.*, 2001). Esta práctica mejora las destrezas del alumnado para formular preguntas, diseñar procedimientos y elaborar conclusiones (Cuevas *et al.*, 2005).

Para que las actividades de laboratorio alcancen los objetivos perseguidos se sugiere que las tareas que se vayan a realizar estén diseñadas como problemas auténticos (Chinn y Malhotra, 2002). Jiménez Aleixandre (2010) caracteriza las actividades auténticas como las que: *a*) constituyen problemas, no preguntas retóricas con una solución obvia; *b*) son percibidas como relevantes para las vidas de los estudiantes, están situadas en un contexto próximo a su experiencia; *c*) tienen un grado de apertura, con varias respuestas posibles (potencialmente) o caminos experimentales; *d*) requieren que los estudiantes tomen parte en las prácticas científicas (formular hipótesis, contrastarlas con pruebas, argumentar o modelizar). Según Lee y Songer (2003) las actividades auténticas son importantes para fomentar la indagación, ya que proporcionan contextos reales de resolución de problemas complejos.

Autores como Hodson (1990) o Van der Valk y De Jong (2009) han sugerido que el alumnado debería participar en el *diseño* de la investigación en vez de resolver actividades de laboratorio siguiendo instrucciones («recetas»). Esta sugerencia se fundamenta en el papel que el diseño experimental juega en la investigación y el trabajo científico. Etkina *et al.* (2010) han mostrado la relevancia de la fase de diseño. Las actividades de indagación en libros de texto y publicaciones didácticas han sido evaluadas por Chinn y Malhotra (2002) en función de su correspondencia con la participación en las prácticas científicas. Los resultados muestran que la mayoría no reflejan las características principales de la indagación, como el diseño de la investigación o la formulación y el contraste de hipótesis.

En la literatura se presentan algunas actividades de laboratorio como de indagación o auténticas, mas en muchas el alumnado debe seguir un procedimiento dado para resolverlas. Por ejemplo, una actividad para evaluar la efectividad de distintas pastas de dientes en la prevención de la caries (Cheung, 2005) es original, pero proporciona al alumnado todas las acciones y pasos que se deben seguir para resolverla, convirtiéndola en una actividad tipo «receta», lo que disminuye su participación en las prácticas de indagación. Sí consideramos de indagación la de Bowles, Saroka, Archer y Bonassar (2012), sobre ingeniería de tejidos, en la que el alumnado debe elaborar un modelo para explicar la interacción entre las hebras de alginato y otras disoluciones utilizando datos proporcionados en el guión, y diseñar un experimento para comprobar su eficacia.

La tarea planteada en este estudio es abierta: los participantes deben elaborar y poner en práctica un diseño experimental para encontrar una solución al problema del oscurecimiento de las manzanas cortadas.

En resumen: hay coincidencia en la conveniencia de proponer tareas de laboratorio abiertas, pero esto implica analizar las dificultades planteadas por su puesta en práctica.

### Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación y apoyo docente

Aunque no hay muchos estudios sobre las dificultades implicadas en la práctica de la indagación en el laboratorio, se han identificado algunas que pueden explicar su escasa presencia: el alumnado tiende a elaborar diseños experimentales que proporcionan poca información y a ser poco sistemáticos en la planificación de experimentos y toma de datos (Zimmerman, 2000). Krajcik *et al.* (1998) indican que el alumnado, cuando propone un diseño, no siempre especifica la cuestión que se ha de investigar y a menudo incluye medidas sobre aspectos que le son familiares pero no resultan adecuados al objetivo. Kanari y Millar (2004) muestran que el alumnado toma datos insuficientes o inadecuados y establece conclusiones sin apoyo de los datos o sin justificación.

Autores como Reiser (2004) o Putambekar y Kolodner (2005) señalan la necesidad de proporcionar guías o andamiajes al alumnado para la resolución de este tipo de tareas, con el fin de conseguir que las lleven a cabo de forma autónoma, autonomía que no se consigue de forma inmediata, sino gradualmente. La noción de andamiaje se enmarca en la perspectiva socioconstructivista (Vygotsky, 1979), que considera que el aprendizaje tiene lugar en un contexto de interacciones sociales en las que una persona con más conocimiento guía la comprensión emergente de otra. En el ámbito escolar, el andamiaje sirve para ayudar al alumnado a llevar a cabo tareas que no serían capaces de resolver por sí mismos (Mercer y Fisher, 1992).

En didáctica de las ciencias se ha estudiado el tipo de apoyo que los estudiantes necesitan durante la indagación. Un ejemplo es la utilización de «diarios de diseño», combinados con otras herramientas o interacciones en el aula (Putambekar y Kolodner, 2005). También se han investigado las estrategias del profesorado que deben promoverse para llevar a cabo el andamiaje, por ejemplo estructurar y problematizar la tarea descomponiéndola en varias más manejables para los estudiantes, y animarlos a expresar sus ideas y tomar decisiones (Reiser, 2004), proponer la elaboración de un diseño experimental

por grupos y analizarlo antes de su puesta en práctica (Holbrook y Kolodner, 2000), diseñar tareas de dificultad ajustable en función de cómo se desarrolle la actividad y fomentar la inmersión continuada del alumnado en actividades de indagación abiertas (Reigosa y Jiménez Aleixandre, 2007).

En este estudio pretendemos contribuir al conocimiento de los desafíos que implica la realización de actividades de indagación, cuestión aún poco estudiada, como indican Lunetta, Hofstein y Clough (2008). Esto implica analizar también la influencia del tipo de andamiaje proporcionado al alumnado en una actividad de indagación. La herramienta o marco de análisis es la noción de contextualización.

### Procesos de contextualización

La noción de contextualización se enmarca en la perspectiva sociocultural, que considera que el aprendizaje tiene lugar a través de la interacción social (Longino, 1990; Kelly, 2008). En esta perspectiva el aprendizaje se entiende como un proceso cultural y discursivo (Leach y Scott, 2003). Los procesos discursivos se consideran como herramientas culturales utilizadas por los miembros de una comunidad determinada para construir el conocimiento (Kelly, Chen y Crawford, 1998).

Existe consenso en reconocer que el trabajo científico, además de la experiencia, tiene una dimensión discursiva relacionada con la comunicación (Latour y Woolgar, 1986). Lemke (1990) propone la noción *hablar de ciencias*, que implica hacer ciencia a través del lenguaje (observar, comparar, evaluar y decidir). Lemke caracteriza la contextualización como una práctica semiótica que consiste en vincular las cosas con sus contextos de uso al elaborar significados. Jiménez Aleixandre y Reigosa (2006) amplían la definición de contextualización para incluir las conexiones establecidas entre los *conceptos* y su contexto de uso en la resolución de una actividad de laboratorio. Estos autores identifican las dificultades del alumnado para conectar los recursos materiales y cognitivos con los conceptos relevantes, debido a que carecen de un contexto adecuado en el que situar sus acciones, por ser la tarea muy difícil para el nivel educativo en el que se realiza (4.º de ESO). La idea de contextualización pretende proporcionar un marco que subraye la relevancia de los conocimientos teóricos en los trabajos prácticos (Jiménez Aleixandre y Reigosa, 2006). La necesidad de tener en cuenta los aspectos epistémicos y teóricos en la indagación ha sido señalada también por Osborne (2014), quien critica que la indagación ha prestado poca atención a estos aspectos frente a los empíricos.

En este estudio se utiliza la contextualización como un proceso de aplicación de conocimientos sobre las reacciones en las células de los seres vivos (catalizadas por enzimas) en el contexto del oscurecimiento de las manzanas cortadas. Coincidimos con Girault *et al.* (2012) en considerar que la relación de los conceptos científicos con el experimento es difícil para el alumnado; aplicar el conocimiento a un contexto específico es complicado, por lo que el andamiaje facilitado por el profesorado es un factor clave para la resolución de estas actividades.

## METODOLOGÍA

El estudio utiliza técnicas propias de la investigación cualitativa (Denzin y Lincoln, 2000). Utilizamos un estudio de caso (Swanborn, 2010) para describir y explicar los procesos de contextualización que llevan a cabo los participantes durante la realización de la actividad de laboratorio.

### Contexto y participantes

Analizamos el discurso de tres pequeños grupos de alumnado de máster: el grupo A (N=3), formado por dos profesores de secundaria en activo y una investigadora en formación que cursaba el máster de investigación en didáctica de las ciencias, los tres licenciados en Biología. Los grupos B (N=3) y

C (N=4) cursaban el máster de profesorado de educación secundaria, siendo los que accedieron a ser grabados de un grupo más amplio (N=19). Los participantes de B son licenciados en Biología y Física, y los de C en Biología, Ciencias Ambientales e Ingeniería. Cabe destacar que, aunque los participantes de los grupos B y C poseen titulaciones muy diversas, todos cursaron los mismos módulos del máster, siendo igual la información recibida antes de realizar la tarea. Todos se identifican con seudónimos, empezando por la letra de cada grupo y respetando su género.

La actividad de laboratorio se diseñó como un problema auténtico abierto: encontrar la mejor solución para evitar el oscurecimiento de las manzanas cortadas (en el contexto de una empresa alimentaria). Se proporcionaron distintos recursos materiales, así como el valor del pH de todas las sustancias en el guión (ver anexo).

Los profesores dieron algunas indicaciones a los participantes sobre la planificación del diseño experimental y sobre la consideración de que las manzanas son seres vivos (reproducido en los resultados). Cabe destacar que el grupo A recibió una atención más personalizada por parte del docente, ya que constituía la totalidad del alumnado de la materia. Los grupos B y C eran dos de los cinco grupos de una clase, por lo que la ayuda docente se repartía según las solicitudes de cada grupo o cuando la docente (segunda autora) percibía su necesidad. Esto no significa que la actividad fuese más guiada en el grupo A que en el B o en el C, ya que se acordó previamente con los docentes que, tanto estos como la investigadora, solo intervendrían para introducir la tarea y cuando observasen dificultades en los participantes. La diferencia radica en el tipo de estrategias utilizadas por cada docente, como se resume en el apartado de resultados.

### Modelo de referencia para resolver la tarea

Para analizar los procesos de contextualización de los participantes se elaboró un modelo de referencia. Después de consultar con dos investigadores del equipo, con experiencia en la indagación en el laboratorio, consideramos que para resolver la tarea los participantes deberían usar cuatro tipos de conocimiento:

- Químico: conceptos de oxidación y pH.
- Biológico: actividad enzimática (en las células y tejidos de los seres vivos, como los que constituyen las manzanas, muchas reacciones están catalizadas por enzimas).
- Empírico: experiencia en la cocina (tradicionalmente de las mujeres, aunque ahora también hay hombres que cocinan, como por ejemplo el uso del zumo de limón como conservante).
- Prácticas científicas: estrategias propias de la actividad científica (elaboración de un diseño experimental, formulación y contraste de hipótesis e interpretación de resultados).

Algunos conocimientos e información están explícitos en el guión de la actividad, por ejemplo el pH de las sustancias. Otros, como la elaboración del diseño experimental, están implícitos y fueron solicitados por el profesorado, y algunos como la actividad enzimática no figuran, siendo la expectativa que los participantes identificasen el conocimiento relevante que se debía utilizar. En el grupo A, porque dos de los tres participantes eran profesores de Biología y Geología de educación secundaria y estos contenidos se enseñan en el aula, y en los grupos B y C, por su formación previa y por cursar un máster de profesorado de secundaria en ciencias experimentales.

Una posible resolución adecuada consistiría en el diseño de una prueba que contemplase como mínimo dos variables: *a*) el contacto con el aire y *b*) los diferentes pH, justificándolo en que los pH bajos inhiben la actividad enzimática. Sin esta justificación teórica, probar con diferentes pH equivale a apelar solo al conocimiento empírico o a actuar por ensayo-error. La figura 1 muestra, en formato del esquema de argumentación de Toulmin (1958), un posible marco de referencia (puede haber otros) para la resolución.

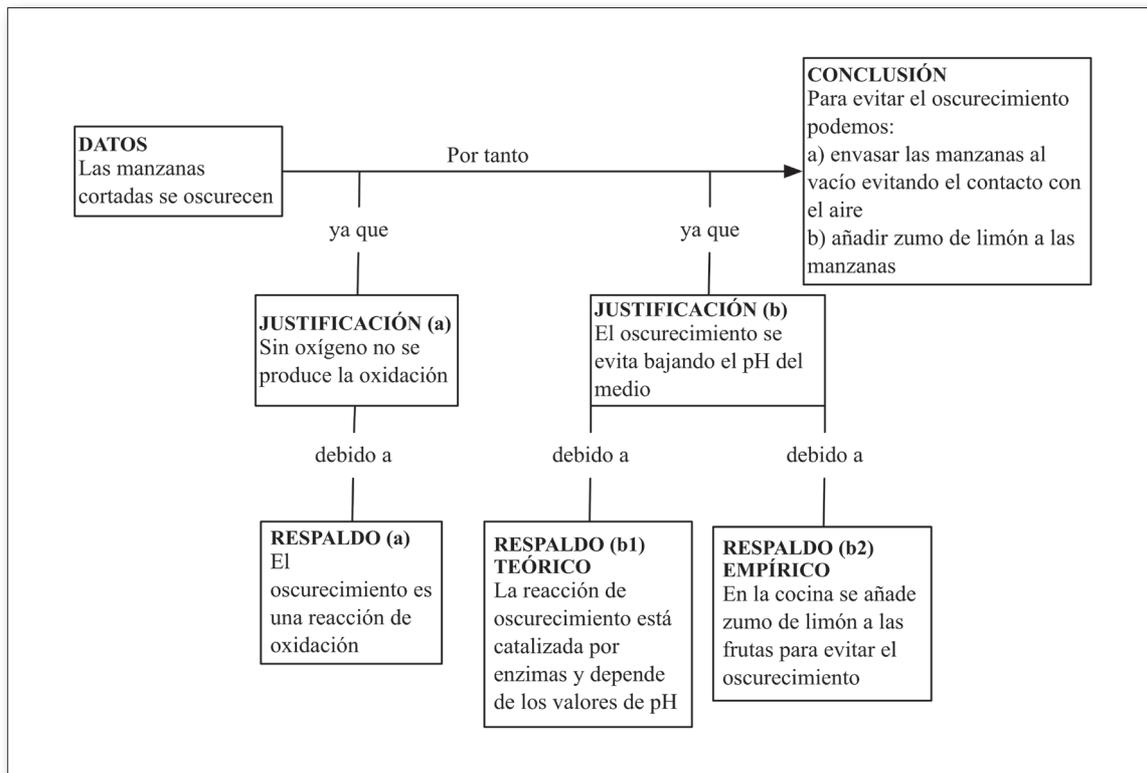


Fig. 1. Marco de referencia potencial para la resolución de la actividad.

La figura 1 hace explícito que la indagación no parte de una ausencia de ideas, sino de hipótesis iniciales sobre posibles soluciones al problema. A su vez, estas hipótesis (que en la figura 1 corresponden a la conclusión) se elaboran partiendo de conocimientos teóricos o empíricos que permiten conectar datos y conclusiones mediante justificaciones.

### Herramientas de análisis

El enfoque metodológico deriva del análisis del discurso y se centra en las prácticas de contextualización, en términos de elementos discursivos, contenido de los episodios y tiempo dedicado a cada práctica.

Para el análisis de los datos, se dividieron las transcripciones de las grabaciones de audio y vídeo en episodios. Para la identificación de los episodios, seguimos el criterio de Gee (2005), según el cual un episodio comprende uno o varios turnos de palabra y se define en función de la cuestión discutida o de la acción realizada por los participantes. A partir de la división en episodios, se elaboró una rúbrica que comprende cinco categorías que representan las prácticas de contextualización llevadas a cabo por los participantes. Estas categorías, adaptadas de las propuestas por Jiménez Aleixandre y Reigosa (2006), se construyen en interacción con los datos y representan el uso que los participantes hacen de su conocimiento (químico, biológico, empírico y prácticas científicas). La rúbrica se resume en la tabla 1 y las categorías se detallan en los resultados.

Tabla 1.  
Rúbrica de análisis de las prácticas de contextualización

<i>Prácticas de contextualización</i>	<i>Tipo de conocimiento</i>
a) Contextualización del conocimiento en una decisión	Q
	E
	PC
b) Contextualización del conocimiento en una acción	PC
c) Uso del conocimiento como recurso para enmarcar la tarea	B
d) Uso del conocimiento como recurso para interpretar el proceso	Q
	B
	B/Q
e) Uso del conocimiento para proponer una solución	Q/E
	B/E
	Q/PC
	B/Q/PC

Para el cálculo del tiempo utilizamos las grabaciones de audio, sumando los tiempos correspondientes a una misma práctica de contextualización.

## RESULTADOS: PRÁCTICAS DE CONTEXTUALIZACIÓN

Se presentan los resultados correspondientes al primer objetivo de investigación: Analizar los desafíos planteados por una actividad abierta, que pretende la participación en las prácticas científicas a través del proceso de contextualización, o conexión del conocimiento teórico relevante con el contexto, transformándolo en decisiones y acciones.

### Prácticas de contextualización y conocimientos utilizados

La tabla 2 resume las prácticas de contextualización, los tipos de conocimiento utilizados en cada una, el número de episodios para cada práctica y el tiempo (en minutos) de cada una. La codificación responde al resultado de varios ciclos de análisis de las transcripciones por parte de las autoras por separado, habiendo modificando aquellos episodios en los que no había acuerdo hasta llegar a un 95% de coincidencias.

Tabla 2.  
Prácticas de contextualización de los participantes

Prácticas de contextualización	Tipo de conocimiento	Episodios (N)			Tiempo (min)		
		GA	GB	GC	GA	GB	GC
a) Contextualización del conocimiento en una decisión	Q	3	-	1	1,2	-	0,4
	E	5	2	2	2,2	1,1	0,4
	PC	1	2	3	2,6	2,3	2,7
	Total	9	4	6	6,0	4,2	3,5
b) Contextualización del conocimiento en una acción	PC	11	6	5	12,9	19,1	8,2
c) Uso del conocimiento como recurso para enmarcar la tarea	B	1	-	-	3,3	-	-
d) Uso del conocimiento como recurso para interpretar el proceso	Q	9	7	4	9,3	20,2	2,1
	B	4	1	3	4,6	0,1	3,3
	B/Q	6	-	5	5,7	-	9,7
	Total	19	8	12	19,6	20,3	15,1
e) Uso del conocimiento para proponer una solución	Q/E	1	1	5	0,1	-	1,6
	B/E	1	2	-	0,4	0,3	-
	Q/PC	3	-	2	4,2	-	3,1
	B/Q/PC	1	-	-	1,1	-	-
	Total	6	3	7	5,8	0,3	4,7
Total		46	21	30	41,6	33,9	31,5

Legenda: B = biológico; E= empírico; Q = químico; PC = Prácticas científicas.

Como se resume en la tabla 2, el número de episodios y el tiempo que representa cada práctica son diferentes en cada grupo. En negrita se indica la operación a la que los participantes dedican más tiempo, que es la misma para todos, uso de conocimientos como recurso para interpretar el proceso. A pesar de que la sesión tiene la misma duración en los tres grupos (120 minutos), la distribución del tiempo es diferente. El grupo A utiliza 66 minutos para resolverla y el resto de la sesión se dedica a otra actividad, mientras que los grupos B y C utilizan 52 minutos para resolver la actividad y el resto de la sesión ponen en común los resultados. La tabla 3 resume la distribución temporal.

Tabla 3.  
Distribución temporal de las acciones

	Tiempo (min)			%		
	GA	GB	GC	GA	GB	GC
Prácticas de contextualización	41,6	33,9	31,5	63,0	65,2	60,6
Acciones no relevantes para la tarea	12,0	6,0	11,4	18,2	11,5	22,0
Intervención de los docentes e investigadora	12,4	12,1	9,1	18,8	23,3	17,4
Duración de la tarea	66,0	52,0	52,0	55,0	43,3	43,3
Duración de la sesión	120	120	120	100	100	100

Según estos datos no se identifican diferencias sustanciales en cuanto al tiempo dedicado a llevar a cabo las prácticas de contextualización y al tiempo de intervención de los docentes y la investigadora.

A continuación se caracteriza cada práctica de contextualización documentándola con ejemplos de los distintos grupos.

*a) Contextualización del conocimiento en una decisión*

Episodios en los que los participantes hacen uso de conocimientos para tomar decisiones sobre el diseño experimental o sobre el procedimiento que deben seguir. El conocimiento contextualizado es de tres tipos: químico, empírico y prácticas científicas. En teoría podría contextualizarse también el conocimiento biológico, pero no se dio el caso. La contextualización del conocimiento químico solo se identifica en los grupos A y C, mientras que la del conocimiento empírico y de las prácticas científicas se identifica en todos. Un ejemplo contextualización del conocimiento empírico (E) del grupo A es

<i>Participante</i>	<i>Turno y fragmento transcripción</i>	<i>Práctica</i>
Ana	106: Pero, normalmente para conservar se le echa ácido, se le echa o zumo de vinagre, boh, zumo de limón	Decisión/E (añadir vinagre/limón)
Investigadora	107: Pues puedes probar, para eso están ahí los materiales	PC (comprobar predicción)
Ana	108: Normalmente a las macedonias para que no se oxiden se le echa zumo de limón	E (contextualización en la cocina)
Andrés	109: Si, son conservantes, el vinagre es conservante	E (en Q, papel conservante)
Alba	110: Venga, entonces vamos a cortar aquí [ <i>Corta varios trozos de manzana</i> ]	Decisión (iniciar comprobación)
Investigadora	111: ¿Y por qué se le echa zumo de limón?	PC (justificar)
Andrés	112: Porque tiene un pH muy ácido	Q Identificación del pH como factor que afecta a la reacción

Ana contextualiza el conocimiento empírico apelando a una acción genérica (106, conservar), acompañado de un calificador modal, «normalmente», que indexa un conocimiento que se supone compartido por el grupo. En segundo lugar contextualiza de forma más específica la decisión propuesta en la experiencia en la cocina (preparación de macedonias) y conectándolo con el contexto del problema (108). Alba, en 110, inicia el proceso de comprobación, proponiendo cortar la manzana. Ante la solicitud de justificación de la investigadora (primera autora), Andrés justifica la decisión en el pH del zumo de limón (112), con un respaldo empírico, sin apelar al papel del pH en la regulación enzimática, lo que correspondería a la justificación (b2) de la figura 1. En B y C también se identifican referencias al pH pero son implícitas.

*b) Contextualización del conocimiento en una acción*

Episodios en los que los participantes contextualizan las prácticas científicas en la realización de una acción. Se incluyen también casos en los que las acciones no son totalmente apropiadas debido a la falta de planificación del diseño. Por ejemplo, dos grupos, A y B, no tienen en cuenta el uso de una muestra de control en el diseño (el grupo C sí). Teóricamente podría haber contextualización de los conocimientos biológico, químico o empírico en una acción, pero no se ha identificado. Un ejemplo del grupo C:

<i>Participante</i>	<i>Turno y fragmento de transcripción</i>	<i>Práctica</i>
Investigadora	92: No significa que tengáis que probar con todo	-
César	93: Ya, claro	-
Carlos	94: Pero si tenemos que hacer un diseño experimental tendremos que probar con todo para ver si descartamos todas las variables [ <i>innecesarias</i> ]	Planificación poco adecuada
Investigadora	95: Pero tú con el conocimiento científico que tienes puedes saber si algo de lo que hay aquí [ <i>materiales proporcionados</i> ] puedes descartarlo o no, dependiendo de lo que te pide el problema	-
Carlos	96: ¡Ah! Entonces descartamos todo lo neutro y lo básico	Acción

La investigadora trata de que los participantes apliquen el conocimiento científico en el diseño para evitar que utilicen todos los materiales de forma sistemática. Por ejemplo, el bicarbonato no tendría que ser utilizado si relacionasen los conocimientos que poseen: (1) los pH bajos inhiben la acción enzimática; (2) conocimiento empírico, no se usa bicarbonato en la cocina para evitar el oscurecimiento, y la información aportada (pH del bicarbonato: 8,4). El alumnado decide (turno 96) descartar las sustancias neutras y básicas en su diseño, pero en la puesta en práctica (no reproducido) utiliza todos los materiales. El grupo B actúa de forma similar al C, mientras que A manipula todos los materiales proporcionados para obtener una solución a partir de la observación.

*c) Uso del conocimiento como recurso para enmarcar la tarea*

Episodios en los que los participantes identifican la actividad enzimática como causa del oscurecimiento. Esta categoría se identifica solo en el grupo A. En B y C no interpretan el proceso como enzimático.

<i>Participante</i>	<i>Turno y fragmento de transcripción</i>	<i>Práctica</i>
Andrés	671: Pues cuando se rompe una célula se liberan un montón de enzimas que pueden atacar al resto de tejidos	Uso de B: enzimas en las células
Profesor	672: Bien, ¿y qué más pueden hacer?	-
Andrés	673: ¿Cuando se rompen? Bueno, cuando se rompen células, si estaban vivas pueden morir.	Intenta dar respuesta
Profesor	674: No, bueno, ahora ya murieron las células, ahora vamos hacia abajo	-
Andrés	675: Se liberan sustancias que estaban ahí, por ejemplo enzimas	B: actividad enzimática
Profesor	676: Sí, ¿y entonces qué pueden hacer esas sustancias? O ¿qué le puede pasar a esas sustancias?	-
Andrés	677: A esas sustancias...	
Ana	678: Se alteran	(sustancias: manzana)
Andrés	679: Se alteran con el oxígeno, se oxidan	Conecta problema con actividad enzimática-oxígeno

En esta tarea la ayuda del profesor es un factor clave para dirigir a los participantes hacia la naturaleza enzimática de la reacción, ya que sin ella puede que los participantes no fuesen capaces de identificarla. Esto es tal vez debido a que no está presente en el enunciado de la actividad y a la necesidad del apoyo docente para resolver este tipo de actividades recomendado desde la literatura.

d) *Uso del conocimiento como recurso para interpretar el proceso*

Episodios en los que los participantes utilizan el conocimiento para interpretar el oscurecimiento. Se subdivide en uso de conocimiento químico, biológico o articulación de ambos. Por ejemplo, en *uso del conocimiento químico (Q)* interpretan el oscurecimiento de la manzana como una reacción de oxidación que depende del pH, teniendo en cuenta el conocimiento teórico sobre las reacciones de oxidación-reducción para encontrar la causa. Un ejemplo del grupo B:

<i>Participante</i>	<i>Turno y fragmento de transcripción</i>	<i>Práctica</i>
Benito	253: No aumenta ni H ni OH	Q
Brais	254.1: Es lo que dice Benito, no da lugar a incrementos, entonces no se puede notar la acidez ni la basicidad	Apoya el enunciado de Benito
	254.2: Yo tengo la idea de una reacción iónica, de que un compuesto en agua da lugar a los iones, pero no estoy seguro	Interpretación del oscurecimiento

Este grupo interpreta inicialmente la reacción como una oxidación, pero no la relaciona con el pH, y considera que puede ser una reacción ácido-base. En este fragmento utiliza implícitamente la definición de ácido de Arrhenius para explicar la influencia del pH, interpretando la acidez como incremento de iones  $[H^+]$  y la basicidad como incremento de iones  $[OH^-]$ .

En el grupo A, los participantes explican el efecto del pH en la oxidación a partir de la definición de ácido de Lewis lo que dificulta la comprensión de la reacción como enzimática. En el grupo C explican el proceso de oxidación a través de las reacciones de oxidación-reducción pero no son capaces de relacionarlas con los valores de pH.

e) *Uso del conocimiento como recurso para proponer una solución*

Los participantes utilizan varios tipos de conocimiento para proponer una solución. Esta categoría se diferencia de la categoría a en que aquí los participantes *proponen* una posible solución mientras que en a se utiliza el conocimiento para *tomar decisiones* sobre el diseño experimental o sobre el procedimiento de resolución. Se combinan varios tipos de conocimiento, por ejemplo la articulación del *químico (Q)*, *biológico (B)* y *prácticas científicas (PC)*. En esta subcategoría, identificada solamente en el grupo A, utilizan los tres tipos de conocimiento (pH, enzimas y observación-manipulación) para encontrar una solución:

<i>Participante</i>	<i>Turno y fragmento de transcripción</i>	<i>Práctica</i>
Ana	714: Claro, el bicarbonato lo que va a hacer es subir el pH	Q (efecto del bicarbonato en la reacción)
Profesor	715: Que es lo que se llama emitir una hipótesis	-
Ana	716: Entonces, lo que vamos a probar es si la acidez o la alcalinidad provoca esa alteración en las enzimas, ¿no? Podemos probar	PC (diseño)-Q (acidez-basicidad)-B (alteración de los enzimas)
Andrés	717: Sí	
Ana	718.1: Entonces, lo que estamos haciendo es cambiar el nivel de pH	Q
	718.2: Vemos que con pH ácido las enzimas no actúan, se retarda la acción	Q (pH)-B (enzimas)
	718.3: Lo que podemos hacer es que si ponemos un pH más básico, ver si afecta o no	PC (diseño, prueba)

En este caso, a pesar de que el papel de la enzima en la reacción ya se había identificado en el turno 557 y de que Ana indica que con pH ácido las enzimas no actúan, no lo tienen en cuenta y prueban con bicarbonato para ver el efecto. Indican que el bicarbonato, con pH básico, va a subir el pH. Entendemos que si tuviesen en cuenta todos los condicionantes de la actividad enzimática (máxima actividad entre pH 7 y 8,5), deberían descartar su uso, pues con el bicarbonato se aceleraría el oscurecimiento en vez de evitarlo.

El grupo B utiliza el conocimiento biológico para explicar por qué usar una disolución de agua con azúcar como solución al oscurecimiento (acción bacteriana). El grupo C no utiliza el conocimiento biológico, se centra en aspectos empíricos y químicos.

### Desafíos planteados por la tarea, frecuencia de las prácticas y procesos de contextualización

Para identificar los desafíos se examina la frecuencia de las prácticas de contextualización identificadas en el discurso de los participantes y los procesos de contextualización llevados a cabo por cada pequeño grupo.

De las cinco categorías de prácticas, hay dos que son las más frecuentes en los tres grupos. La primera es la *a)* uso del conocimiento para interpretar el proceso, siendo el conocimiento químico el tipo de conocimiento más utilizado por A y B, y representa un tercio del tiempo. Esto apunta a que los participantes hacen una interpretación casi exclusivamente química del proceso. En el grupo C el tipo más utilizado es la articulación del conocimiento biológico y químico, en el que los participantes relacionan el oscurecimiento con el proceso de maduración de la fruta.

La segunda categoría más frecuente es la *b)* contextualización del conocimiento en una acción, ya que el alumnado emplea mucho tiempo probando todos los materiales proporcionados para ver qué sucede, y a partir de las observaciones tratar de dar una solución.

Las restantes prácticas representan tiempos mucho menores y algunas, sobre todo las que implican conocimientos de biología, tal vez no aparecerían de no ser por el andamiaje realizado por los docentes, debido al hecho de no considerar la reacción como enzimática.

En cuanto a los procesos de contextualización se elabora un posible esquema de referencia de la contextualización (figura 2) con el cual se comparan los procesos llevados a cabo por los grupos (figuras 3 y 4).

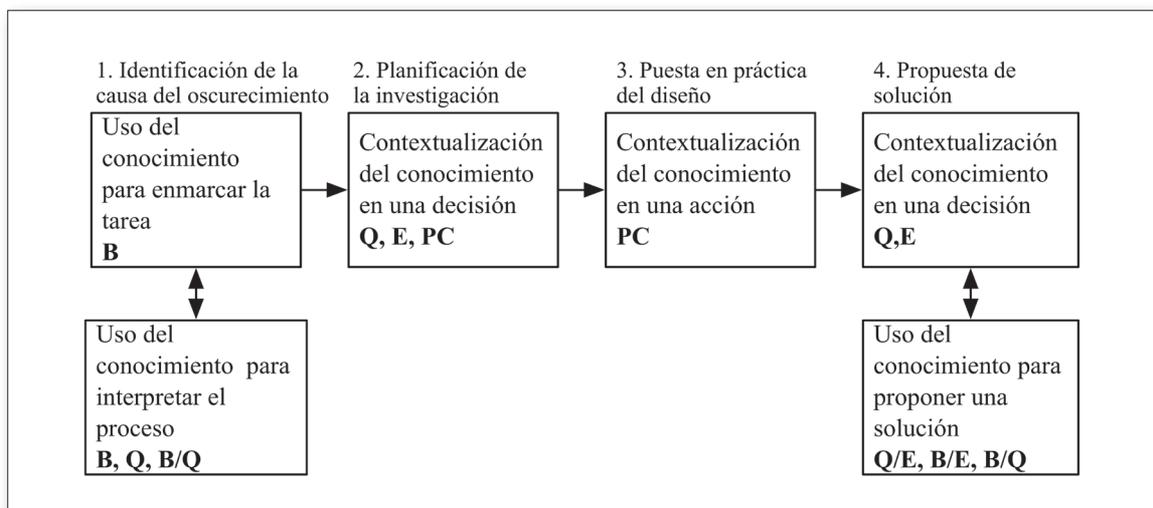


Fig. 2. Proceso de contextualización de referencia. Leyenda: Q, B y E, respectivamente conocimiento químico, biológico y empírico; PC, prácticas científicas.

En el proceso de referencia (figura 2) los participantes deberían identificar la causa del oscurecimiento (la actividad enzimática) a través del uso de conocimientos como recurso *a*) para enmarcar la tarea y *b*) para interpretar el proceso. Una vez identificada la causa deberían planificar cómo evitarlo, contextualizando el conocimiento en decisiones (pasos que seguir para resolver el problema) y poner en práctica el diseño a través de la contextualización en acciones. Finalmente deberían formular una propuesta de solución mediante la contextualización del conocimiento en decisiones y uso de este para proponer una solución.

El proceso de contextualización del grupo A se resume en la figura 3.

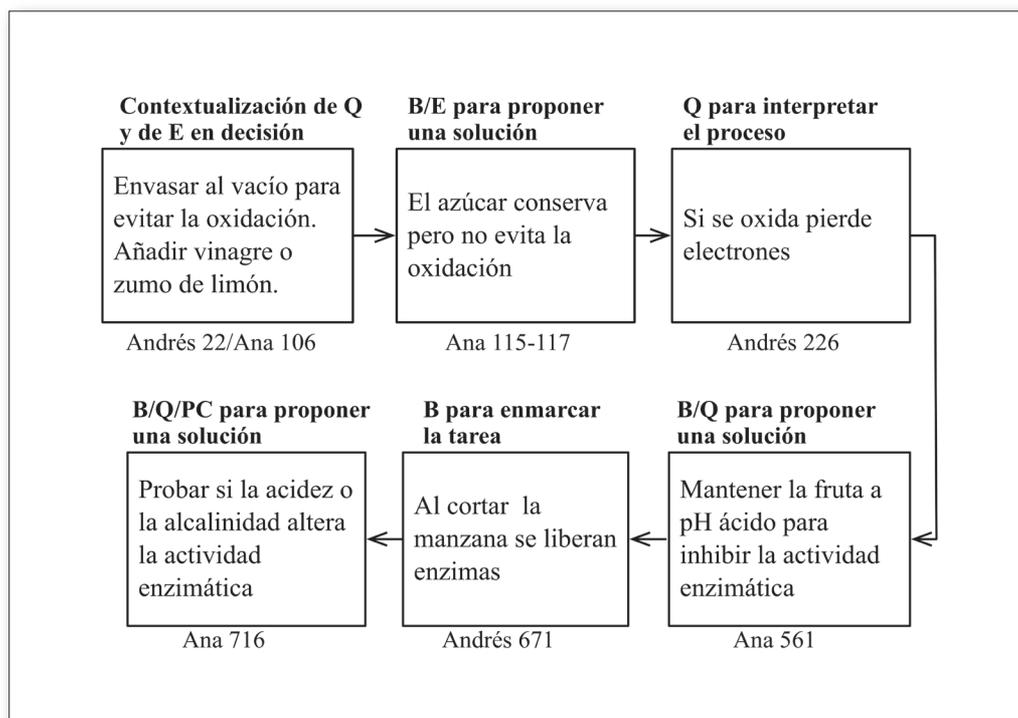


Fig. 3. Prácticas de contextualización del grupo A.

Los participantes contextualizan el conocimiento en decisiones y acciones antes de identificar la causa del problema. El reconocimiento de la actividad enzimática no aparece hasta el final de la sesión. A la hora de proponer una solución no relacionan la acción enzimática con el pH ácido; proponen añadir agua con azúcar a los trozos de manzana basándose en las observaciones realizadas y en la experiencia cotidiana (conocimiento empírico).

El proceso del grupo C (no reproducido) es similar al del grupo A, pero al no identificar la reacción como enzimática no llegan a una solución adecuada. Este grupo relaciona el oscurecimiento con el proceso de maduración de la fruta, motivado posiblemente por la consideración de la acción bacteriana como factor clave.

En cuanto al grupo B, el proceso de contextualización comprende una menor variedad de prácticas, como se resume a continuación:

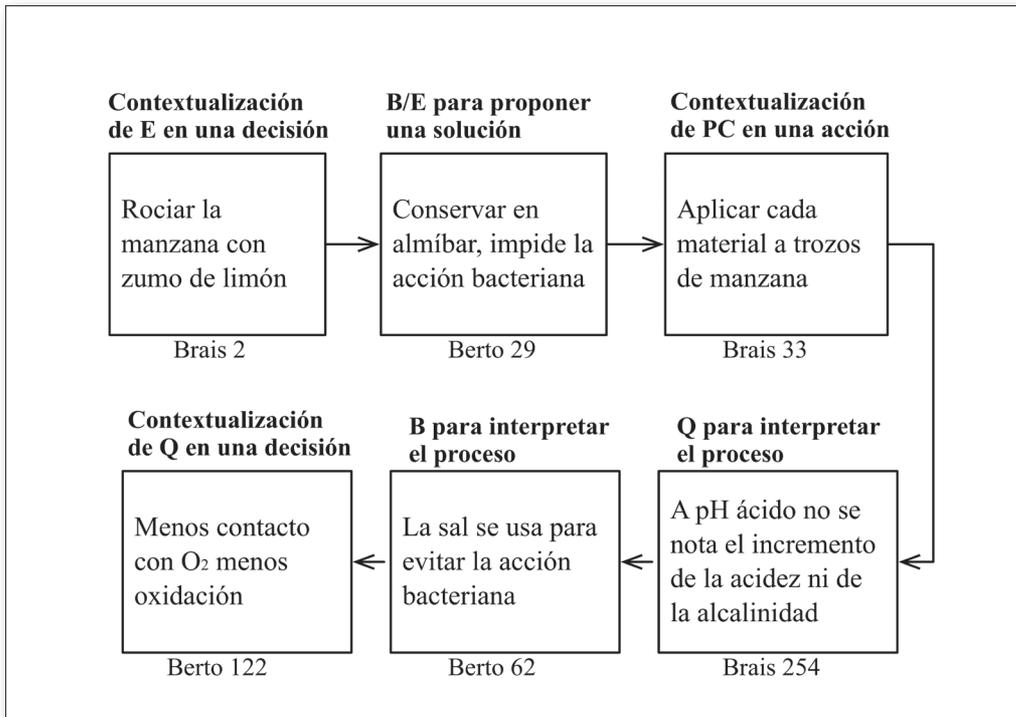


Fig. 4. Prácticas de contextualización del grupo B.

Este grupo contextualiza el conocimiento en decisiones y lo utiliza para proponer una solución al inicio de la sesión, pero poco adecuada. La falta de conexión entre la reacción de oxidación y el pH ácido les lleva a pensar en una reacción ácido base para explicar las observaciones realizadas en los experimentos. Este grupo no propone ninguna solución concreta para evitar el oscurecimiento.

De la comparación de los procesos llevados a cabo por los tres grupos, identificamos algunas pautas:

- Empiezan contextualizando el conocimiento en una decisión: químico (grupos A), empírico (grupo B) y prácticas científicas (grupo C).
- Contextualizan el conocimiento en acciones relacionadas con la puesta en práctica antes de interpretar el proceso de oscurecimiento.

Este comportamiento, en el que los participantes, a pesar de estar teóricamente familiarizados con los conocimientos necesarios para resolver la actividad, proponen una solución antes de identificar las causas que provocan el oscurecimiento, pone de manifiesto la falta de experiencia en la realización de actividades de indagación.

En resumen, el proceso de resolución de la actividad abierta plantea una serie de desafíos:

- Identificar la causa del oscurecimiento para poder planificar cómo solucionarlo.
- Interpretar el oscurecimiento como una oxidación catalizada por enzimas, es decir, articular distintos tipos de conocimiento para interpretar un proceso de la vida cotidiana.
- Planificar cómo resolver el problema seleccionando la información relevante proporcionada en el guión de la tarea.
- Poner en práctica el diseño planificado para buscar una solución al oscurecimiento.
- Interpretar los resultados de la puesta en práctica para proponer una solución.

## RESULTADOS: INFLUENCIA DEL ANDAMIAJE PROPORCIONADO POR LOS DOCENTES

Se presentan los resultados correspondientes al segundo objetivo de investigación: examinar la influencia del tipo de apoyo proporcionado por los docentes para guiar a los participantes en el proceso de resolución de la tarea.

Aunque ambos docentes guían al alumnado durante la actividad de indagación (véase tabla 3), pensamos que las estrategias de andamiaje utilizadas podrían haber influido en los diferentes resultados obtenidos.

En la tabla 4 se resumen los tipos de estrategias identificadas en el discurso de cada docente y se ilustran con ejemplos.

Tabla 4.  
Estrategias de apoyo utilizadas por los docentes

Estrategia		Ejemplos	
		Docente 1 (grupo A)	Docente 2 (grupos B y C)
1. Preguntas abiertas	a) Explicación del fenómeno (oscurecimiento)	– ¿Por qué se oxida? – ¿Qué es lo que se oxida?	¿Ya sabéis por qué ocurre el cambio de color?
	b) Justificación de las decisiones tomadas	– ¿Por qué se le echa zumo de limón? – ¿Y por qué azúcar?	Vosotros decís que con un pH bajo no se produce la oxidación, ¿por qué?
	c) Reflexión sobre cada acción	– ¿Para qué haces eso? – ¿Para qué quieres regular la acidez?	
2. Activación del conocimiento teórico necesario		– ¿Por qué no pensamos en los niveles de organización de la materia? – ¿Qué pasa cuando una célula se rompe a nivel físico? – ¿De qué está hecha la manzana?	– Sabemos que <i>el zumo de naranja y el de limón</i> son antioxidantes, ¿por qué será? - ¿Por qué <i>el zumo de limón</i> le hace eso a la fruta?
3. Indicaciones sobre la planificación		– Si con el zumo de limón y con el vinagre [ <i>la manzana</i> ] no se oscurece, ¿qué tendría que pasar al añadirle bicarbonato?	– La muestra «sin» nada tiene un nombre en los experimentos; si alguna vez habéis hecho un experimento seguro que lo sabéis
4. Pistas		– Hay algo que ayuda a que se oxide más... – ¿El contrario de catalizador qué es?	– Pensad en alguna reacción de la vida cotidiana. Cuando estamos impidiendo esto, que hacemos cuando cambiamos los pHs?

Las estrategias generales utilizadas por los docentes son las mismas (preguntas abiertas, activación del conocimiento teórico para resolver el problema, indicaciones sobre la planificación de la investigación y pistas), pero la forma de utilizarlas es diferente, por ejemplo en la activación del conocimiento teórico. Esta estrategia es clave para la resolución más o menos adecuada de la tarea: el docente 1 (grupo A) hace hincapié en la activación del conocimiento biológico para que lleguen a identificar la reacción como enzimática. La docente 2 (grupos B y C) hace hincapié en la activación del conocimiento químico (oxidación). Estas estrategias de apoyo podrían estar relacionadas con los resultados obtenidos en los grupos, en los que el A identifica la reacción como enzimática mientras que el B y el C como una oxidación.

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

El aprendizaje a través de la indagación en el laboratorio, en el que el alumnado tiene que diseñar experimentos, sigue despertando interés en la investigación en didáctica de las ciencias. Consideramos que, para que este enfoque se generalice, es necesario identificar los desafíos que presenta y las estrategias de andamiaje que los docentes pueden utilizar para guiar al alumnado en el proceso de resolución.

Este artículo pretende contribuir a la comprensión del aprendizaje a través de la participación en las prácticas científicas y la indagación, examinando y documentando los procesos de contextualización llevados a cabo durante la resolución de una actividad abierta en el laboratorio y las estrategias docentes utilizadas para guiar al alumnado en la resolución. El análisis proporciona información sobre el uso del conocimiento en coordinación con los datos y recursos materiales. Los resultados indican que las operaciones de contextualización que implican conocimiento biológico son menos frecuentes en todos los grupos y aparecen gracias al andamiaje del profesorado.

Uno de los retos que plantea la actividad es la planificación de la investigación, que presenta deficiencias, como probar con todos los materiales, lo que apunta a la necesidad de la inmersión del alumnado en esta práctica. Este resultado concuerda con los de Krajcik *et al.* (1991) y Zimmerman (2000) y coincidimos con ellos en identificar la planificación de los diseños experimentales como una de las dificultades principales para el alumnado en actividades de indagación en el laboratorio. También coincide con los resultados de Reigosa y Jiménez Aleixandre (2000; 2007) sobre el uso de estrategias características de la cultura escolar (estereotipada) para resolver actividades de laboratorio abiertas, por ejemplo realizar pruebas innecesarias por una creencia de que hay que realizar «la totalidad», o resolver la tarea por ensayo-error en vez de planificar un diseño.

Cabe señalar que la planificación de investigaciones cobra especial relevancia en la actualidad, ya que forma parte tanto de las prácticas científicas como de la competencia científica, siendo una de las dimensiones que se incluye en el marco de la evaluación PISA para 2015 (OECD, 2013), en la que la competencia en identificar cuestiones científicas se sustituye por la de evaluar y diseñar indagaciones científicas.

Un segundo reto es la interpretación del oscurecimiento como una reacción de oxidación catalizada por enzimas, lo que apunta a la dificultad para activar el conocimiento científico necesario para resolver el problema. En contextos académicos el alumnado sabe el tipo de conocimiento que necesita utilizar en una tarea, pero en las situaciones de la vida cotidiana las personas necesitan identificar primero qué tipo de conocimientos (conceptos, modelos, leyes, etc.) son relevantes y deberían utilizarse para resolver el problema. Pensamos que esta diferencia es uno de los motivos por los que las actividades de laboratorio situadas en contextos auténticos resultan tan complicadas. La cuestión no es que los participantes no tengan conocimiento sobre las enzimas, sino que no identifican ese conocimiento (encontrar una forma para inhibir la actividad enzimática, por ejemplo utilizando sustancias con pH ácido) como relevante. Aunque en este artículo se discute el caso específico del conocimiento sobre las enzimas, consideramos que es un problema general en las actividades de laboratorio, en particular en las actividades abiertas, en las que el alumnado supone que solo necesita destrezas procedimentales, ignorando el conocimiento conceptual. La necesidad de superar una indagación concebida sobre todo como experimentación, sin conectarla con los modelos teóricos, ha sido señalada también por Osborne (2014). El enfoque de participación en prácticas científicas pretende abordar este problema.

Como indican los resultados, las actividades abiertas presentan más dificultades para el alumnado que las tradicionales, lo que coincide con lo señalado por Girault *et al.* (2012): que el alumnado presenta dificultades para relacionar los contenidos científicos con el experimento que se debe realizar cuando participa en actividades de indagación. Esto no significa que seamos partidarias del regreso a las actividades cerradas tipo «receta», al contrario, sugerimos, al igual que Capps, Crawford y Costas

(2012), que es necesario identificar las dificultades y apoyar al profesorado cuando lleva a cabo este tipo de actividades en el aula. Por ejemplo formando grupos de trabajo con los docentes encaminados al diseño y puesta en práctica de este tipo de tareas en el aula. Pensamos que de esta forma se fomentaría la realización de actividades de indagación en las aulas, a la vez que se proporcionaría oportunidades al profesorado para reflexionar sobre las estrategias de apoyo necesarias en la implementación de dichas actividades.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto EDU2012-38022-C02-01 financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. Beatriz Crujeiras realizó su tesis gracias a una beca FPI del Ministerio de Ciencia e Innovación, código BES-2010-031259.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOWLES, R. D., SAROKA, J. M., ARCHER, S. D. y BONASSAR, L. J. (2012). Novel Model-Based Inquiry of Ionic Bonding in Alginate Hydrogels Used in Tissue Engineering for High School Students. *Journal of Chemical Education*, 89, 1308-1311.  
<http://dx.doi.org/10.1021/ed200651f>
- CAPPS, D. K., CRAWFORD, B. A. y CONSTAS, M. A. (2012). A review of empirical literature on inquiry professional development: alignment with best practices and a critique of the findings. *Journal of Science Teacher Education*, 23, 291-318.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10972-012-9275-2>
- CHEUNG, D. (2005). Investigating toothpastes through Inquiry-based practical work. *Science Activities: Classroom projects and curriculum ideas*, 42 (3), 31-38.
- CHINN, C. A. y MALHOTRA, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86 (2), 175-218.  
<http://dx.doi.org/10.1002/sce.10001>
- CUEVAS, P., OKLEE, L., HART, J. y DEAKTOR, R. (2005). Improving Science Inquiry with elementary students of diverse backgrounds. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(3), 337-357.  
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.20053>
- DENZIN, N. K. y LINCOLN, Y. S. (2000). The discipline and practice of qualitative research. En N. K. Denzin y Y. S. Lincoln (eds.). *Handbook of Qualitative Research* (1-28). Second Edition. California: Sage Publications.
- ETKINA, E., KARELINA, A., RUIBAL-VILLASENOR, M., ROSENGRANT, D., JORDAN, R. y HMELO-SILVER, C. (2010). Design and reflection help students develop scientific abilities: Learning in introductory physics laboratories. *Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 54-98.  
<http://dx.doi.org/10.1080/10508400903452876>
- GEE, J. P. (2005). *An introduction to discourse analysis: theory and method*. New York: Routledge.
- GIRAULT, I., D'HAM, C., NEY, M., SÁNCHEZ, E. y WAJEMAN, C. (2012). Characterizing the experimental procedure in science laboratories: a preliminary step towards students experimental design. *International Journal of Science Education*, 34(6), 825-854.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2011.569901>
- HODSON, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *The School Science Review*, 71 (256), 33-40.

- HÖGSTRÖM, P., OTTANDER, C. y BENCKERT, S. (2010). Lab work and learning in secondary school chemistry: the importance of teacher and student interaction. *Research in Science Education*, 40, 505-523.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s11165-009-9131-3>
- 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.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2010). *10 Ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. y REIGOSA, C. (2006). Contextualizing practices across epistemic levels in the chemistry laboratory. *Science Education*, 90 (4), 707-733.  
<http://dx.doi.org/10.1002/sce.20132>
- 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), 748-769.  
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.20020>
- KELLY, G. J. (2008). Discourse in science classrooms. En Abell, S. K. y Lederman, N. G. (eds.). *Handbook of research on science education*, 443-469. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- KELLY, G. J., CHEN, C. y CRAWFORD, T. (1998). Methodological considerations for studying science in-the-making in Educational settings. *Research in Science Education*, 28(1), 23-49.  
<http://dx.doi.org/10.1007/BF02461640>
- KRAJCIK, J., BLUMENFELD, P. C., MARX, R. W., BASS, K. M. y FREDRICKS, J. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3/4), 313-350.  
<http://dx.doi.org/10.1080/10508406.1998.9672057>  
[http://dx.doi.org/10.1207/s15327809jls0703&4\\_3](http://dx.doi.org/10.1207/s15327809jls0703&4_3)
- LATOUR, B. y WOOLGAR, S. (1986). *Laboratory life: the construction of scientific facts*. New Jersey: University Press.
- LEACH, J. y SCOTT, P. (2003). Individual and sociocultural views of learning in Science Education, *Science y Education*, 12, 91-113.  
<http://dx.doi.org/10.1023/A:1022665519862>
- LEE, H.-S. y SONGER, N. B. (2003). Making authentic science accessible to students. *International Journal of Science Education*, 25, 923-948.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500690305023>
- LEMKE, J. L. (1990). *Talking science: language, learning and values*. New Jersey: Ablex
- LONGINO, H. E. (1990). *Science as social knowledge: Values and objectivity in scientific inquiry*. Princeton: Princeton University Press.
- LUNETTA, V. N., HOFSTEIN, A. y CLOUGH, M. P. (2008). Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research theory and practice. En S. K. Abell y N. G. Lederman (eds.). *Handbook of research on Science Education*, pp. 394-441.
- 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.  
[http://dx.doi.org/10.1016/0959-4752\(92\)90022-E](http://dx.doi.org/10.1016/0959-4752(92)90022-E)
- NGSS LEAD STATES (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academies Press.

- ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) (2013). PISA 2015 Draft Science Framework. OECD.
- 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*, Volume II (pp. 1835-1901). New York: Routledge.
- PUNTAMBEKAR, S. y KOLODONER, J. K. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: helping students learn science from design. *Journal of research in science teaching*, 42(2), 185-271.  
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.20048>
- REIGOSA, C. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 275-284.
- 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), 307-329.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500690600702454>
- REISER, B. J. (2004). Scaffolding Complex Learning: The Mechanisms of Structuring and Problematizing Student Work. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 273-304.
- REISER, B. J., TABAK, I., SANDOVAL, W. A., SMITH, B. K., STEINMULLER, F. y LEONE, A. J. (2001). BGuILE: Strategic and conceptual scaffolds for scientific inquiry in biology classrooms. En S. M. Carver y D. Klahr (eds.). *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp. 263-305). Mahwah, NJ: Erlbaum.  
[http://dx.doi.org/10.1207/s15327809jls1303\\_2](http://dx.doi.org/10.1207/s15327809jls1303_2)
- SWANBORN, P. G. (2010). *Case study research: what, why and how?* California: Sage Publications.
- TOULMIN, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: University Press.
- VYGOTSKY, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica, D. L.
- ZIMMERMAN, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20, 99-149.  
<http://dx.doi.org/10.1006/drev.1999.0497>

## ANEXO

### Guión de la actividad de laboratorio

Freshfruit es una empresa que tiene como proyecto vender bolsas de fruta cortada (por ejemplo, manzanas) en las cafeterías de los institutos como alternativa a la bollería industrial para fomentar hábitos alimenticios saludables. El problema es que al cortar la fruta para envasarla esta cambia de color. Esto causaría dificultades para venderla, ya que la gente la rechazaría por su mal aspecto.

1. ¿Qué se podría hacer para conseguir que la fruta se mantenga con el mismo aspecto que tiene recién cortada?

Tened en cuenta que para resolver este problema podéis utilizar:

- \* Los conocimientos científicos o de la experiencia cotidiana sobre las reacciones químicas y los seres vivos, que permiten explicar el cambio de color de las frutas después de cortadas.
- \* Los recursos materiales similares a los que tienen en la empresa Freshfruit. Se indica el pH de las sustancias.

Manzanas: pH = 3,2

Zumo de naranja: pH = 4

Agua del grifo: pH = 7

Zumo de limón: pH = 2,3

Sal

Vinagre: pH = 3, contiene: ácido acético y agua

Azúcar

Bicarbonato de sodio: pH = 8,4, efecto antiácido

Film de embalar alimentos

Otro material que consideréis necesario

- Además, para resolver el problema, tenéis que elaborar un diseño experimental para contrastar vuestras hipótesis.
  - Cuando llegéis a una propuesta de solución, tenéis que justificarla.
2. En la situación real de una empresa que tiene este problema se podrían utilizar otros métodos. Si se os ocurre alguno, explicadlo.

---

# Challenges posed by open inquiry tasks in the laboratory: articulation of theoretical and practical knowledge in scientific practices

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

This paper analyses the contextualising practices of three small groups of master students engaged in an inquiry-based laboratory task, involving their participation in scientific practices.

This study seeks to contribute to the understanding of the challenges involved in the performance of inquiry tasks, an understudied issue. This requires analysing also the influence of the scaffolding provided to students during the process of solving the task. The tool or framework for the analysis is the notion of contextualisation.

The objectives are: 1) to analyse the challenges involved in the process of contextualisation, in other words, the process of connecting relevant theoretical knowledge to the context of an open task (to find a way to avoid browning in sliced apples), and transforming it into decisions and practical actions; and 2) to examine the influence of the scaffolding provided by teachers in order to support participants in solving the task.

The methodological approach is drawn from qualitative research oriented to analyse cases of how people act in their local contexts (Denzin & Lincoln, 2000). A case study (Swanborn, 2010) was adopted to describe and explain the contextualization processes unfolding during the implementation of the task.

We analyse the discourse of three small groups of master students (A, B and C) and their instructors engaged in a laboratory inquiry task designed as an open problem: to find the best solution in order to prevent browning in sliced apples. To solve the task the participants were expected to propose a plan involving at least two variables, contact with air and different pHs, considering that browning does not occur in the absence of oxygen and that low pH values inhibit enzymatic activity.

For objective 1 the data were analysed by means of a rubric consisting of five categories, developed in interaction with the data, representing the contextualising practices constructed by the participants during the task. The results indicate that the most frequent categories are the use of knowledge to interpret the process, accounting for about one third of the time, and contextualising scientific practices into actions. These findings suggest that participants spent a long time looking for the cause of browning and that the lack of planning an appropriate design made it more difficult to solve the task.

The processes for contextualising practices developed by each group show differences: only group A identified the reaction as enzymatic, but this did not happen until the last part of the session and thanks to the scaffolding provided by the instructor. From the comparison of these processes, some patterns emerged:

- a) Starting the process by contextualising knowledge into decisions: in group A chemical knowledge, in group B empirical knowledge and in group C scientific practices.
- b) Contextualising knowledge into actions before the interpretation of the browning process.

The fact of participants proposing a solution for browning before identifying the causes points to their lack of experience in solving inquiry based laboratory tasks.

In short, the process of solving the open task poses some challenges:

- Identification of the cause of browning in order to plan how to fix it.
- Interpretation of browning as an enzyme-catalysed oxidation, in other words, the articulation of different types of knowledge in order to interpret a process appearing in everyday life.
- Design of a plan for solving the problem, selecting the relevant information provided in the hand-out.
- Implementation of the designed plan in order to find a solution for browning.
- Interpretation of the results obtained in the implementation to propose a solution.

Regarding objective 2, we consider that the teaching strategies used by instructors influenced the process of solving the task. To explore this issue we have developed a rubric summarizing the different scaffolding strategies identified in the instructors discourse.

Although the general strategies are the same for both instructors (open questions, activating theoretical knowledge to solve the problem, indications for planning and hints) the way in which they use them is different, for instance the strategy activating theoretical knowledge. Instructor 1 (group A) emphasizes the activation of biological knowledge so that participants can identify browning as an enzyme-catalysed oxidation. Instructor 2 (groups B and C) asks for the reasons why low-pH substances avoid oxidation, pointing to enzymatic inhibition, but that was interpreted by students as focusing on chemical knowledge.

The findings suggest as implication to support teachers in implementing inquiry tasks, for instance, creating working groups aimed at planning and carrying out open tasks in the classroom. We consider that this could promote inquiry based laboratory tasks in secondary classrooms as well as provide teachers with opportunities to reflect about the teaching strategies required to the implementation of these types of tasks.