

¿Qué destrezas permiten afrontar las etapas de una indagación científica? La visión del alumnado de Secundaria

Vílchez González, J. M.¹ y Bravo Torija, B.²

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. ¹ *Universidad de Granada.*
² *Universidad de Zaragoza.*

jmvilchez@ugr.es

RESUMEN

En este trabajo se examinan las respuestas de 10 alumnos de Secundaria a una actividad dirigida al reconocimiento de las distintas etapas de una indagación científica y de las destrezas necesarias para afrontar con éxito cada una. Para ello, se ha diseñado una tarea en la que se proporciona un ejemplo de una indagación realizada en una clase de ciencias en el que se describe el proceso seguido para explicar la diferencia de precio de tres marcas de jamón. Los resultados muestran que el desempeño en la identificación de las etapas es más adecuado que en las acciones. La mayoría de participantes reconocen al menos cinco etapas (de nueve), mientras que el máximo de acciones son tres (de catorce). Una implicación que se deriva de este estudio es la necesidad de reflexionar en las aulas sobre cómo se genera y evoluciona el conocimiento científico, y diseñar actividades para tal fin.

Palabras clave

Indagación, Naturaleza de la Ciencia, Etapas del trabajo científico, Educación Secundaria.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza habitual de las ciencias no suele proporcionar ocasión al alumnado para familiarizarse con las estrategias características del trabajo científico. Como consecuencia, sus concepciones acerca de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) no difieren de las visiones ingenuas adquiridas por impregnación social (Fernández *et al.*, 2002). Por esta razón en las últimas décadas han surgido enfoques didácticos tales como el Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS) o la alfabetización científica, que proponen de modo preferente el uso de aspectos de NdC. Las cuestiones epistemológicas y las pertenecientes a la sociología de la ciencia se consideran esenciales en la planificación de cualquier propuesta docente (Acevedo *et al.*, 2007; Lederman, 2006; Millar, 1996; Smith y Scharmann, 1999; Spector *et al.*, 1998).

Por otra parte, el desarrollo de la competencia científica, entendida como se propone en los marcos internacionales de evaluación, supone la adquisición de capacidades que pueden englobarse en tres categorías (OCDE, 2006): identificar cuestiones científicas, explicar fenómenos científicos y utilizar pruebas científicas. La introducción de esta noción de competencia no supone únicamente un cambio de término, sino que introduce

dos novedades. Por un lado, pone de relevancia la importancia de la aplicación del conocimiento científico a contextos relacionados con la vida cotidiana y, por otro, plantea la integración de saberes conceptuales, procedimentales y actitudinales (Jiménez Aleixandre, 2010). En otras palabras, se espera que el alumnado no solo sepa ciencias sino que conozca qué es la ciencia y cómo evoluciona, llegando a ser capaz de aplicar lo aprendido a la resolución de problemas dentro y fuera del aula. Desde esta perspectiva, la indagación, entendida como una forma de trabajo que promueve la comprensión de las ideas científicas y de cómo los científicos estudian el mundo natural (NRC, 1996), cobra especial relevancia.

En esta comunicación se presentan los resultados de una actividad piloto en la que, a partir de un ejemplo de indagación que podría llevarse a cabo en un aula de ciencias, los estudiantes han de identificar las etapas del trabajo científico y las destrezas, o acciones concretas, necesarias en cada una de ellas. Son este tipo de actividades, en las que se trabajan estos tópicos de NdC de modo explícito, las que con más garantía podrían participar en el desarrollo de la competencia científica y, en consecuencia, de la alfabetización científica.

El objetivo del estudio es, pues, examinar qué etapas de una indagación científica es capaz de identificar el alumnado de Educación Secundaria, y qué destrezas, o acciones concretas, asocia a cada una de ellas.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Participantes y contexto

En el presente estudio piloto han participado 10 estudiantes de Secundaria procedentes de centros públicos y concertados de Granada (España), nueve de 4º de ESO y uno de 1º de Bachillerato, que forman parte de un proyecto dirigido por profesorado del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Granada, enmarcado en el programa educativo PIISA (<http://www.piiisa.es>). No se trata, pues, de una selección de estudiantes, sino del grupo que solicitó participar en dicho proyecto. Ninguno de ellos había recibido una instrucción previa específica sobre indagación.

Instrumento y metodología

La actividad propuesta a los estudiantes, de diseño propio, consta de dos partes (Anexo). En la primera se proporciona una historia ficticia acerca de una sencilla indagación que podría ser reproducida en cualquier aula de ciencias; en la segunda se solicita la identificación de las etapas de la metodología científica presentes en dicha indagación y las destrezas, o acciones concretas, necesarias en cada una. El problema de los distintos precios del jamón fue seleccionado, por una parte, porque permitía partir de una pregunta que puede ser investigable por alumnado tanto de primaria como de secundaria, y que es cercana a ellos ya que se enmarca en una actividad de la vida diaria como ir al supermercado. Por otra, porque ofrecía, a pesar de su sencillez, más de una posibilidad que los alumnos tenían que contrastar.

La actividad se proporcionó en la primera sesión del proyecto PIISA y, tras una explicación sobre lo que debían hacer, se dejó tiempo para la lectura de la primera parte. Tras preguntar si había dudas sobre la realización de la segunda parte, se procedió a identificar las etapas y destrezas anteriormente comentadas. Los alumnos trabajaron

individualmente y sus respuestas son las analizadas en esta propuesta.

La metodología empleada es de tipo cualitativo, el estudio de caso. El diseño de la herramienta de análisis se basa en el resumen de las destrezas científicas realizado por De Pro (2013), adaptado a las demandas de la actividad. Se elabora de este modo una respuesta de referencia (Anexo), que ha sido contrastada por los autores y un experto en NdC. Posteriormente se compara con las respuestas de los participantes, identificando qué etapas y acciones reconocen en el texto proporcionado.

RESULTADOS

En esta sección se abordan los resultados relacionados con la identificación de las etapas de la indagación proporcionada, y los relacionados con las destrezas o acciones consideradas en cada una.

Identificación de las etapas de la indagación

En primer lugar se contrastan las respuestas de los estudiantes con la respuesta de referencia para comprobar qué fragmentos de la historia relacionan, de forma correcta, con las etapas de una indagación. En la Tabla I se resumen los resultados de este análisis. Más adelante se abordan algunos casos en los que se identifica alguna etapa pero se ubica de forma incorrecta.

Tabla 1. Resumen de etapas identificadas

Etapas	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Total
Id. del problema	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Hipótesis 1 (H1)			1		1		1	1	1	1	6
Hipótesis 2 (H2)			1	1	1	1	1	1	1		7
Experimento H1	1		1		1			1		1	5
Experimento H2		1		1	1	1	1		1	1	7
Resultados H1					1			1			2
Resultados H2				1	1		1	1		1	5
Conclusiones H1			1		1			1			3
Conclusiones H2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Total	3	3	6	5	9	4	6	8	5	6	55

Como muestra la tabla, todos los participantes son capaces de identificar el problema, incluso la mayoría reconocen las hipótesis, aunque algunos, como A4 y A6, se centran solo en una de ellas, la calidad del jamón, no considerando la relacionada con la fecha de caducidad. Esto podría deberse a que como esta hipótesis es descartada desde el principio no consideran relevante la información relacionada con ella. Hay dos casos, A7 y A9, que reconocen la primera hipótesis, la fecha de caducidad, pero que luego no tienen en cuenta su comprobación ni la conclusión a la que se llega.

Solo un alumno, A5, identifica todas las etapas. La única confusión que presenta en esta parte de la actividad es la de incluir la conclusión de la primera hipótesis en la etapa de experimento: *“al ser iguales [las fechas de caducidad] no es posible esta hipótesis”*.

Algunos de los participantes tienen dificultades para distinguir entre las etapas de la indagación y las acciones concretas que realizan los alumnos ficticios. Hay casos, como A1, que ubican la etapa de resultados en las acciones necesarias para obtenerlos y analizarlos (describe en las acciones cómo cada muestra de jamón se tiñe más o menos

dependiendo de la cantidad de almidón). Otros, A9 y A10, tienen dificultades para identificar de forma adecuada las distintas etapas, y sitúan las conclusiones respecto a la fecha de caducidad en la etapa de experimento. Podría deberse a que una vez que queda descartada la primera hipótesis se centran en la segunda, considerando a partir de ahí seguir linealmente la historia sin reconocer que, al igual que la alcanzada respecto a la calidad del jamón, debería situarse en la etapa de conclusiones. También, junto con A8, confunden los resultados del experimento con el experimento en sí.

En la última etapa, aunque todos concluyen que el jamón con menor cantidad de almidón se corresponde con el de precio superior, ninguno lo conecta con la proporción de azul que se observa en las muestras. Es decir, llegan a una conclusión adecuada pero tienen dificultades para justificarla en base a los resultados obtenidos. Como ejemplo la conclusión alcanzada por A2: “*el jamón de York más barato es el que tiene más almidón y de peor calidad. El más caro no tiene almidón*”. Esto podría estar relacionado con que la mitad de los participantes no reconocen en el texto el fragmento correspondiente a estos resultados, y los que lo hacen solo es parcialmente al no consideran la relación cambio de color-cantidad de almidón.

Identificación de acciones necesarias en las etapas de la indagación

En este apartado se identifican las destrezas o acciones que los participantes han sido capaces de identificar en cada etapa del proceso (Tabla II). Dado que lo que se pretende es examinar las destrezas que identifican, se han obviado todas aquellas que, aun perteneciendo a la respuesta de referencia (Anexo), no han aparecido en ninguna de sus respuestas.

Tabla II. Resumen de destrezas identificadas

Etapas	Acciones	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Total
Id. del problema	Identificación variable			1	1							2
Hipótesis	Proponer posibles explicaciones	1	1	1		1	1	1	1	1		8
Experimento de H1	Localizar las fechas a estudiar			1								1
Resultados de H2	Comparar los comportamientos de las muestras		1					1				2
Conclusiones	Contrastar datos-hipótesis		1		1					1		3
	Comunicación conclusiones					1						1
Total		1	3	2	3	2	1	2	1	2	0	17

Cuando se solicita la identificación de acciones concretas para cada etapa, como muestra la tabla, las frecuencias disminuyen de forma drástica. Nótese que de las 14 proporcionadas en la respuesta de referencia se reduce a tres el máximo de las reconocidas por dos de los participantes. Hay estudiantes, como A10, que no identifica ninguna. El caso más llamativo es el relacionado con la etapa del experimento correspondiente a la calidad del jamón, a la que no se asocia correctamente ninguna acción. Los participantes no reconocen en el texto proporcionado destrezas concretas como identificar propiedades observables (cambio de color), o utilizar técnicas básicas

de análisis (tinción), aún apareciendo en el mismo explícitamente. En relación con la fecha de caducidad, en dos casos se considera la necesidad de comparar fechas como acción del experimento correspondiente.

En la etapa de resultados, solo dos alumnos, A2 y A7, identifican que es importante comparar los comportamientos de las distintas muestras, pero ninguno considera que es necesario reconocer pautas en los datos, en particular la relación entre proporción de azul y cantidad de almidón.

Es de destacar A5, quien, a pesar de identificar todas las etapas de la indagación (Tabla I), solo considera dos acciones concretas: plantear distintas hipótesis y comunicar las conclusiones. En las etapas de experimento y resultados solo nombra como acción el “comprobar”, sin especificar el qué y el cómo, a pesar de encontrarse en el texto presentado. Es frecuente (se observa en 7 de los 10 participantes) que se nombren acciones generales como “comprobar”, “observar”, o “experimentar”, sin dar más detalles, por lo que nos quedaría considerar si realmente reconocen qué es lo que hacen los alumnos de nuestra historia, y cómo.

La acción identificada en un mayor número de casos es la de proponer posibles explicaciones al problema (formulación de hipótesis). Excepto A4 y A10 el resto la consideran. Nótese que A4 no identifica en las etapas las relacionadas con la hipótesis de la fecha de caducidad, por lo que podría no reconocer que en la indagación que se les presenta aparece más de una posible respuesta al problema.

También se observa una confusión entre etapas y acciones, distinguiéndose dos tendencias en el desempeño de los alumnos:

- Los que confunden acciones con etapas, como A2, que reconoce la necesidad de utilizar una muestra patrón pero lo indica en la etapa de experimento; A1, que describe los resultados obtenidos respecto a la cantidad de almidón en las acciones en lugar de en la etapa correspondiente; A7, que identifica la necesidad de proponer nuevas hipótesis pero lo ubica en la etapa de experimento; o A8, que dos de las tres acciones que identifica están situadas en la columna de etapa, y además mal ubicadas. Como ejemplo, la acción “*comparar comportamientos de las distintas muestras*”, que reconoce en la etapa de experimento en lugar de en acciones de resultados.
- Los que sitúan las acciones en la columna correspondiente pero no en la etapa adecuada. Por ejemplo, A5 identifica como acción relevante “*si una hipótesis es descartada se ha de considerar una nueva*” pero la ubica en las acciones correspondiente al experimentos en lugar de relacionarlo con las conclusiones, y A10 señala la importancia de “*buscar información relevante*” pero la sitúa en la elaboración de hipótesis en lugar de en la identificación del problema a estudiar.

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

En relación con los objetivos del estudio, del análisis de resultados se derivan las siguientes conclusiones:

- En cuanto a la identificación de las etapas, todos los alumnos son capaces de reconocer dos de ellas: la identificación del problema y las conclusiones del estudio diseñado para comprobar la calidad de las muestras de jamón. Solo uno de ellos, A5, identifica todas las etapas. Pese a que en Secundaria se estudian las etapas del “método científico”, la mayor parte del alumnado presenta dificultades

para reconocerlas en este caso concreto. Quedaría por considerar si en las aulas se trabaja el método científico como una receta cerrada con una lista de pasos a seguir o se reflexiona acerca de cómo los científicos construyen el conocimiento, perspectiva que se propone desde la NdC.

- En el reconocimiento de las etapas de la indagación científica se obtienen mejores resultados que en la asignación de destrezas necesarias en cada una. Así, los participantes no han sido capaces de identificar ninguna acción concreta que corresponda a la parte de los experimentos, o si lo han hecho lo han ubicado en una etapa incorrecta. Algunos señalan acciones generales, como “observar” o “experimentar”, sin llegar a concretar lo que realmente hacen los alumnos ficticios en la indagación presentada. Pese a que los currículos oficiales de las asignaturas de ciencias recomiendan contenidos relacionados con la génesis y evolución del conocimiento científico, ni en los libros de texto se dedica atención suficiente a estas cuestiones, ni en las aulas se reflexiona sobre ello. Actividades como la presentada pueden promover la reflexión al respecto.

Como propuesta de mejora, dada la dificultad para identificar las etapas de experimentación y de resultados en el texto proporcionado, consideramos que sería necesario reformular el modo en que se solicita la información, haciendo más explícito que tuvieran que seleccionar los fragmentos específicos de la historia que corresponden a cada una de las etapas de la tabla de referencia.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez-Alonso, A., Manassero-Mas, M. A. y Acevedo-Romero, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4 (2), 202-225. Recuperado el 26 de febrero de 2014, desde <http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen4/Numero 4 2/Acevedo et al 2007.pdf>.

De Pro, A. (2013). Enseñar procedimientos: por qué y para qué. *Alambique*, 73, 69-76.

Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Capachuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 477-488.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). 10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona: Graó.

Lederman, N. G. (2006). Research on Nature of Science: Reflections on the Past, Anticipations of the Future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7 (1), Recuperado el 26 de febrero de 2014, desde http://www.ied.edu.hk/apfslt/v7_issue1/foreword/index.htm.

Millar, R. (1996). Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77, 7-18.

National Research Council (NRC). (1996). National Science Education Standards. Washington DC: National Academy Press.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2006). PISA 2006 marco de la evaluación: conocimiento y habilidades en ciencias, matemáticas y lectura. Recuperado el 1 de febrero de 2014, de <http://www.oecd.org/pisa/39732471.pdf>.

Smith, M. U. y Scharmann, L. C. (1999). Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education*, 83 (4), 493-509.

Spector, B., Strong, P. y Laporta, T. (1998). Teaching the nature of science as an element of science, technology and society. En McComas, W. F. (Ed.), *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

ANEXO. ACTIVIDAD PROPORCIONADA A LOS ESTUDIANTES

Nota. En la tabla final, que se les entregó sin la información de las dos últimas columnas, se recoge la respuesta de referencia.

¿Qué acciones se ponen en juego en una actividad de indagación?

A continuación se presenta un caso basado en hechos reales que podría darse en un aula de ciencias. Léedlo y responded a la actividad que le sigue.

“Una profesora observa, durante su compra semanal, que puede elegir entre marcas distintas de jamón de York a precios distintos, y decide plantear a sus alumnos una actividad de indagación: ¿por qué el precio es distinto?

Al día siguiente lleva al aula tres muestras de jamón y plantea la pregunta a la clase. Los alumnos se organizan en pequeños grupos para discutirlo. La mayoría coincide en que la diferencia de precio puede deberse a la calidad del jamón.

Uno de los alumnos comenta que su madre, que trabaja en un supermercado, le ha dicho que cuando un producto está a punto de caducar suelen ponerlo en oferta para venderlo rápido, así que la diferencia de precio puede guardar relación con la fecha en la que caducan. Entonces los alumnos comienzan a observar la fecha de caducidad de cada muestra. Tras comprobar que es similar en los tres casos, descartan esta opción y se centran en la primera: la calidad del jamón.

Una de las maneras fáciles de lograr un precio más bajo es añadiéndole algo de bajo coste, lo que disminuiría la calidad. Pero, ¿qué se le puede añadir al jamón de York para poder venderlo más barato? Antes de finalizar la clase la profesora, para dar una pista, escribe una palabra en la pizarra: “almidón”. Pide a los alumnos que investiguen sobre ella.

Al día siguiente los alumnos han recogido la siguiente información:

- El almidón es un hidrato de carbono que nuestro organismo puede utilizar como nutriente, y se encuentra en gran cantidad en el arroz y en la patata.
- El almidón tiene la propiedad característica de reaccionar con el yodo, apareciendo entonces un color azul oscuro o violeta.
- La prensa trae una noticia sobre una empresa que añadía almidón a los embutidos para darles consistencia y abaratar el producto.

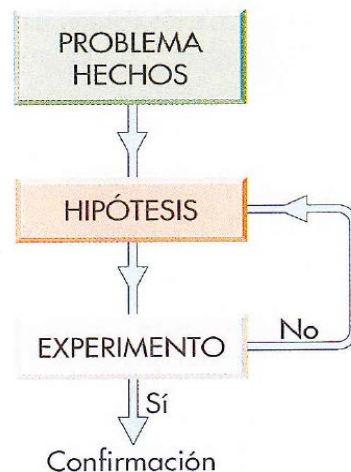


Para mostrar la reacción entre el yodo y el almidón, la profesora deja caer unas gotas de lugol (un reactivo de color rojizo que contiene yodo) sobre un trozo de patata, que rápidamente se torna azul oscuro intenso, casi negro (imagen izquierda).

Seguidamente ponen una muestra de cada marca de jamón en tres platos y añaden una gota de lugol a cada una. Se observa que en una de ellas, la de mayor precio, no hay cambio de color. De las otras dos, en una apenas hay cambio de color y en la otra, la más barata, se aprecia un cambio rápido a azul intenso. El cambio de color, pues, aumenta (por tanto la muestra contiene más almidón) conforme disminuye el precio.

La clase finalmente acepta que el precio del jamón (y su calidad) es menor cuanto mayor sea la cantidad de almidón que se le haya añadido. La diferencia de precio, en este caso, depende de la adición o no de aditivos ajenos a la carne”.

La imagen de la derecha muestra un esquema de un proceso de indagación. A partir de ella y de la lectura realizada complete la tabla de la página siguiente:



- ✓ En la primera columna aparecen los pasos necesarios para realizar una actividad de indagación con el alumnado
- ✓ En la segunda tenéis que relacionar cada etapa de indagación con “la investigación” realizada por el alumnado de primaria sobre la calidad del jamón de York.
- ✓ En la tercera tenéis que apuntar qué acciones concretas habría que realizar en cada una de estas etapas, en relación con la “investigación” llevada a cabo por el alumnado del texto anterior.

Etapa de una actividad de indagación	¿Con qué se corresponde de la investigación mostrada?	¿Qué acciones concretas tendrían que llevar a cabo los alumnos en cada paso?
Identificación del problema (Hechos)	¿Por qué el precio del jamón es distinto?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Búsqueda y selección de información relevante ▪ Identificación de la variable a estudiar
Elaboración de hipótesis	<p>Hipótesis 1 (H1): Por la fecha de caducidad</p> <p>Hipótesis 2 (H2): Por la adición de otros ingredientes</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proponer posibles explicaciones al problema (hipótesis)
Experimento (comprobación de hipótesis)	<p>H1. Comprobar las fechas de caducidad</p> <p>H2. Adición de lugol a cada muestra</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Localizar en las etiquetas las fechas de caducidad ▪ Identificación de propiedades observables (cambio de color) ▪ Utilización de técnicas básicas (tinción) ▪ Utilización de una muestra patrón ▪ Toma de datos
Resultados	<p>H1. Las fechas de caducidad son similares</p> <p>H2. La muestra de mayor precio no cambia de color, la de precio intermedio apenas se tiñe y la más barata lo hace en gran proporción</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comparar las fechas de caducidad ▪ Comparar comportamientos de las distintas muestras al añadir lugol ▪ Reconocer pautas en los datos

Etapa de una actividad de indagación	¿Con qué se corresponde de la investigación mostrada?	¿Qué acciones concretas tendrían que llevar a cabo los alumnos en cada paso?
Conclusiones	H1. El precio del jamón no depende de la fecha de caducidad (hipótesis refutada)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contrastar los datos con las hipótesis iniciales ▪ Si la hipótesis no se cumple, elaborar nuevas hipótesis (H1 no se cumple y se enuncia H2) ▪ Comunicación de las conclusiones en base a los resultados obtenidos (uso de pruebas)
	H2. El precio del jamón es menor cuanto mayor sea la cantidad de almidón que se le haya añadido (hipótesis contrastada)	