

Por qué los alumnos no comprenden la ciencia que aprenden

Qué podemos hacer nosotros para evitarlo

Juan Ignacio Pozo
Universidad Autónoma
de Madrid

Miguel Ángel Gómez
Crespo
IES Victoria Kent.
Torrejón de Ardoz
(Madrid)

Es habitual en las aulas de ciencia encontrar que el alumnado se limita a repetir conocimientos, ideas, que, sin embargo, no comprenden. En el presente artículo se analizan los procesos psicológicos implicados en la comprensión y se afirma que un cambio en las formas de evaluar en las clases de ciencias puede contribuir a cambiar las estrategias de aprendizaje del alumnado.

Palabras clave: *comprensión, aprendizaje reproductivo, conocimientos previos, cultura del aprendizaje, evaluación.*

Why students don't understand the science they learn... and what we can do to avoid it

We often find students in science classes simply repeat knowledge and ideas which they don't understand. This article analyses the psychological processes involved in understanding and suggests that a change in the forms of assessment in science classes could help bring about a change in their learning strategies.

Keywords: *understanding, reproductive learning, prior knowledge, learning culture, assessment.*

Trabajo es si cogemos una silla y la ponemos en otro sitio, energía es cuando la silla se levanta sola. (Un alumno de bachillerato)

Más tarde asistí a una lección en la Escuela de Ingeniería. La lección decía más o menos así: «Dos cuerpos... se consideran equivalentes... si iguales pares de fuerzas... producen la misma aceleración. Dos cuerpos se consideran equivalentes, si iguales pares de fuerzas producen la misma aceleración». Los estudiantes, todos sentados escribiendo al dictado y cuando el profesor repetía comprobaban que lo habían tomado correctamente. Después escribían la frase siguiente, y así una y otra vez. Yo era el único que sabía que el profesor estaba hablando de objetos con iguales momentos de inercia, y aun así me costaba entenderlo.

[...] Después de la lección hablé con uno de los estudiantes: «Después de haber tomado ustedes todas esas notas, ¿qué hacen con ellas?»

«¡Oh!, nos las estudiamos –respondió–. Luego nos examinan.»

«¿Cómo será el examen?»

«Muy fácil. Puedo decirle ya una de las preguntas». Consulta su cuaderno y dice: «¿Cuándo son equivalentes dos cuerpos?, y hay que contestar: Dos cuerpos se consideran equivalentes cuando pares de fuerzas iguales producen aceleraciones iguales». Así que ya ven, eran capaces de aprobar los exámenes y aprender todo aquello, y no saber nada en absoluto, excepto lo que se habían aprendido de memoria.

(Está Vd. de broma, Sr. Feynman, Feynman, 1987)

Casos como éste son muy comunes en las clases de ciencias. ¿Por qué ocurre esto? ¿Por qué los alumnos repiten ciegamente lo que desearíamos que comprendieran?

Lo primero que hay que decir es que este hecho tan habitual —que aprendan de modo reproductivo, al pie de la letra, lo que deberían comprender— es bastante paradójico si tenemos en cuenta cómo funciona la mente humana y cómo aprendemos las personas de modo «natural». A diferencia de este ordenador en el que ahora escribimos, o de otras memorias culturales externas (grabaciones, fotografías, textos, etc.), la memoria humana está muy poco dotada, o preparada por la selección natural, para almacenar copias exactas, «al pie de la letra», de la información que recibimos. Mientras que esas memorias externas reproducen, o replican fielmente la información que en ellas se deposita (dentro de varios años, podremos recuperar con exactitud el texto que ahora estamos escribiendo, de la misma forma que los bancos, o la administración, utiliza las memorias informatizadas para almacenar grandes cantidades de datos), nosotros apenas somos capaces de repetir series muy limitadas de información, y aun así con mucho esfuerzo.

Si tiene alguna duda el lector, que cierre los ojos e intente repetir fielmente, al pie de la letra, los párrafos que acaba de leer (o un texto que leyó la semana pasada o la última conferencia a la que asistió). No podrá hacerlo eficazmente, porque su forma natural de aprender —para la que, por lo que sabemos hoy, su mente viene preparada (Pozo, 2008)— no consiste en repetir ciegamente esa información. ¿Cuál es, entonces, nuestra forma natural de aprender? Pues precisamente comprender, traducir ese texto a nuestras propias palabras, no al pie de la letra, sino captando su significado, vinculándolo con nuestra propia experiencia, buscando nuestros propios

ejemplos, etc., que es precisamente lo que nos diferencia de todas esas memorias mecánicas, los dispositivos culturales (ordenadores, fotografías, grabaciones, etc.) que pueden hacer copias exactas de un suceso o de una información pero que jamás podrán comprenderla, dotarla de significado relacionándola con otras informaciones o sucesos.

¿Por qué entonces los alumnos, en lugar de hacer aquello que les resultaría más fácil y natural (intentar dar significado a lo que aprenden), se dedican a repetirlo o reproducirlo, como esos estudiantes de ingeniería a los que observó Feynman? Hay varias razones para ello. Algunas tienen que ver con las condiciones que debe cumplir el aprendizaje de la ciencia para que esos procesos de comprensión actúen eficazmente, como lo hacen en la vida diaria. Otras tienen que ver con los hábitos y prácticas de docentes y alumnado en las aulas de ciencias, lo que podríamos llamar la cultura de la educación científica, que se refleja en las tareas mediante las cuales se enseña y, sobre todo, se evalúa la ciencia y en los estilos de aprendizaje que, en parte como consecuencia de esas tareas, adopta el alumnado ante el conocimiento científico.

¿Cumple el aprendizaje científico las condiciones necesarias para la comprensión?

Hemos dicho que comprender, dar significado a lo que nos pasa día a día, es nuestra forma *natural* de aprender sobre el mundo, tanto en lo que se refiere a los objetos (¿por qué caen las cosas?, ¿cómo se preserva o se protege uno del calor?, etc), como a las personas (¿por qué los alumnos no atienden?, ¿cómo conseguir que mis hijos no fumen?, etc.). Cuando nos enfrenta-

mos a situaciones como éstas todos somos capaces de elaborar alguna explicación, que refleja nuestro intento de comprenderla. Hoy sabemos bien qué condiciones debe reunir una situación de aprendizaje para hacer más probable la comprensión (Bransford, Brown y Cooking, 2000; Donovan y Bransford, 2005; Pozo, 2008). Esas condiciones suelen darse con frecuencia en la vida cotidiana: nos esforzamos por comprender, por encontrar explicación a las situaciones que nos preocupan, que nos afectan emocionalmente, y para hacerlo intentamos relacionarlas con nuestra experiencia anterior, con nuestros «conocimientos previos». Pero ¿qué aprendemos así? ¿A qué nivel de comprensión llegamos?

Por ceñirnos al ámbito del aprendizaje científico, la investigación acumulada en las últimas décadas, recogida y debatida con frecuencia en las páginas de esta revista, ha mostrado de modo convincente que mediante esos procesos de comprensión intuitivos o naturales, los alumnos, o en general todas las personas, adquieren una ciencia intuitiva con un alto valor pragmático pero con un valor de conocimiento muy alejado del saber científico. Dicho de otro modo, las ideas o teorías producidas por esa *ciencia intuitiva* suelen ser eficaces en situaciones cotidianas (el alumno del ejemplo inicial puede mover bien la silla a pesar de sus conceptos de trabajo y energía, nosotros al cocinar en general evitamos quemarnos a pesar de nuestro concepto intuitivo de calor como una propiedad de ciertos objetos) pero se encuentran muy alejadas de las explicaciones científicas, tanto en sus contenidos como en sus predicciones, cuando las situaciones se vuelven algo más complejas (la intuición no predice que los aviones vuelen, ni que puedan existir señales radiotransmitidas, ni los procesos de curación de ciertas enfermedades...)

Dicho con otras palabras, la ciencia, tal como la conocemos, es una actividad *contraintuitiva*, o, en los términos que hemos utilizado, «no natural», que requiere que pongamos en duda buena parte de nuestro conocimiento cotidiano, de lo que damos por supuesto sobre el mundo. Y esa actitud de *dudar* de lo que somos y pensamos no es nuestra forma habitual de enfrentarnos al mundo. Al contrario, tendemos a creer, de modo razonable, que el mundo es tal como nosotros lo vemos. El realismo intuitivo, la tendencia a dar por ciertas nuestras intuiciones, lo que damos por supuesto, es un rasgo constitutivo de la mente humana (Linden, 2007; Pozo, 2003): vemos que esa camisa es roja, no que la interacción entre nuestro sistema visual y la luz que incide sobre ese objeto nos hace verla roja. Pensamos que ese alumno es vago, no que la interacción entre las condiciones de la tarea que le proponemos y su historia personal le hace *comportarse* de esa manera en esa tarea. Hacer ciencia es en gran medida disponer de un método para *dudar* de lo que damos por supuesto sobre el mundo y sobre nosotros mismos.

Sin embargo, para los alumnos, aprender ciencia supone con frecuencia adquirir otro tipo de certezas —el saber científico— de las que no saben ni pueden dudar y que sin embargo resultan incompatibles —con frecuencia literalmente increíbles— con su experiencia (¿cómo es posible que este lápiz y la tierra se atraigan con la misma fuerza?, ¿qué quiere decir que el suelo que estoy pisando está compuesto por partículas en movimiento y separadas por un espacio vacío?), por lo que el conocimiento científico, al no poder asimilarse a esas ideas intuitivas, no puede ser comprendido (Donovan y Bransford, 2005; Pozo, 2008).

La cultura de la educación científica: ¿cómo se enseña y se evalúa el conocimiento científico?

Aunque sin duda hay muy diversas formas de abordar la educación científica —y nuevamente estas páginas son un buen eco de esos diversos esfuerzos—, no es exagerado decir que, incluso más allá de la educación científica, nuestro país tiene una larga tradición educativa dirigida a que los alumnos reproduzcan los saberes establecidos más que a que los pongan en duda. Sin entrar aquí a ahondar en los factores que han impulsado esta tradición educativa dirigida al aprendizaje reproductivo, más que a la comprensión, los datos de diversos estudios muestran el fuerte anclaje del realismo intuitivo en las creencias epistemológicas de los profesores de ciencias (Pecharrromán y Pozo, 2006), vinculado, más allá de las aulas de ciencias, a concepciones del aprendizaje y la enseñanza más ligadas a la transmisión de saberes que a la construcción de los mismos por los alumnos (Pozo y otros, 2006). De hecho, estudios internacionales como el TALIS muestran que el sistema educativo español, junto con el de otros países del sur de Europa, es uno de los que más se apoya en métodos de enseñanza basados en la «transmisión directa del conocimiento» (OCDE, 2009). Se trata de una tradición que no siendo específica del aprendizaje de las ciencias, afecta, sin embargo, de forma muy profunda a lo que se hace en las aulas de ciencias a través tanto de los hábitos ya adquiridos por los alumnos en niveles educativos anteriores como de las propias prácticas docentes de los profesores de ciencias, que acabarán enseñando la ciencia en buena medida tal como la aprendieron. De hecho, un reciente estudio llevado a cabo por el MEC (La evaluación ge-

neral de diagnóstico para la Educación Primaria) muestra que estas prácticas, y los hábitos que conllevan, se asientan a edades muy tempranas. El estudio muestra que ya a los 10 años los niños están habituados a que las actividades de lectura y de aprendizaje tengan una meta reproductiva más que comprensiva; los resultados más bajos se obtienen cuando el alumno tiene que utilizar su conocimiento para interpretar o explicar una situación dada (MEC, 2010).

En esta tradición cultural, los datos de algunos estudios —como el célebre estudio PISA, cuyos resultados, publicados cada tres años, dan lugar a todo tipo de lamentaciones, y también de malas interpretaciones— vienen a apoyar de nuevo la necesidad de cambiar esas prácticas de enseñanza reproductiva. Así, por ejemplo, tomando un área clásica en la evaluación de PISA como es la lectura, en la que tradicionalmente los adolescentes españoles de 15 años vienen obteniendo resultados inferiores a los de los países de nuestro entorno, un análisis realizado por Sánchez y García Rodicio (2006) sobre los ítems de lectura que planteaban mayores dificultades a nuestros alumnos concluye que «los estudiantes españoles parecen normales en comprensión superficial, por encima de la media en conocimientos pragmáticos e inferiores en los ítems de comprensión profunda» (p. 214). Ante esto, los autores sugieren que «necesitamos que los alumnos se enfrenten a la experiencia de confrontar un texto con otros textos, un texto consigo mismo, un texto con ellos mismos» (p. 219). El problema no es tanto que nuestros alumnos lean poco, sino que no orientan su lectura hacia las metas más profundas, dirigidas a la comprensión. Una vez más, aprenden para reproducir los textos (lo que la mente humana hace tan mal) y no para comprenderlos (aquello para lo que estamos más capacitados).

¿Y por qué los alumnos se orientan más hacia la reproducción que hacia la comprensión en sus tareas de lectura y en sus tareas de aprendizaje científico? Tal vez, además de los factores que ya hemos señalado, una posible causa de esta tendencia podamos encontrarla en la forma en que suele evaluarse su conocimiento científico. Volviendo a PISA, pero en este caso en el área de ciencias, podemos repensar también los no muy halagüeños resultados obtenidos por nuestros alumnos, comparando las tareas usadas en

PISA con algunas de las actividades que proponen nuestros libros de texto y que son utilizadas habitualmente para su evaluación. En los cuadros 1 y 2 se muestran varios ejemplos.

En ambos cuadros las actividades están relacionadas con el sistema inmunitario y con el papel del dióxido de carbono en el efecto invernadero; sin embargo, las capacidades que el alumnado debe poner en práctica para resolverlas son muy diferentes. En el cuadro 1, los ítems están orientados a eva-

Cuadro 1. Ejemplos de ítems liberados de la evaluación PISA

EJEMPLO 1

Ya en el siglo XI, los médicos chinos manipulaban el sistema inmunitario. Al soplar polvo de costras de un enfermo de viruela en los orificios nasales de sus pacientes, a menudo podían provocar una enfermedad leve que evitaba un ataque más grave posterior. Hacia 1700, la gente se frotaba la piel con costras secas para protegerse de la enfermedad. Estas prácticas primitivas se introdujeron en Inglaterra y en las colonias americanas. En 1771 y 1772, durante una epidemia de viruela, un médico de Boston llamado Zabdiel Boylston puso a prueba una idea que tenía. Arañó la piel de su hijo de seis años y de otras 285 personas y frotó el pus de las costras de viruela en las heridas. Sobrevivieron todos sus pacientes a excepción de seis. ¿Qué idea estaba tratando de poner a prueba Zabdiel Boylston?

Enumera otras dos informaciones que necesitarías para determinar el grado de éxito del método de Boylston.

EJEMPLO 2

Carolina encuentra la siguiente tabla, en la que se muestran ciertos resultados de las investigaciones sobre los cuatro gases principales causantes del efecto invernadero:

| <i>Efecto invernadero relativo por molécula de gas</i> | | | |
|--|---------------|----------------------|----------------------------|
| <i>Dióxido de carbono</i> | <i>Metano</i> | <i>Óxido nítrico</i> | <i>Clorofluorocarbonos</i> |
| 1 | 30 | 160 | 17.000 |

A partir de esta tabla, Carolina concluye que el dióxido de carbono no es la causa principal del efecto invernadero. No obstante, esta conclusión es prematura. Estos datos deben combinarse con otros para poder concluir si el dióxido de carbono es o no la causa principal del efecto invernadero.

¿Qué otros datos debe conseguir Carolina?

- Datos sobre el origen de los cuatro gases.
- Datos sobre la absorción de los cuatro gases que realizan las plantas.
- Datos sobre el tamaño de cada uno de los cuatro tipos de moléculas.
- Datos sobre la cantidad de cada uno de los cuatro gases en la atmósfera.

Cuadro 2. Ejemplos de ítems extraídos de libros de texto de ESO**EJEMPLO 1**

¿Qué niveles de defensa tiene el sistema inmunitario? Explica en tu cuaderno en qué consiste cada uno de ellos.

EJEMPLO 2

¿Qué nombre recibe el fenómeno por el que la temperatura media del planeta se ha mantenido alrededor de los 14 °C?

¿Cómo ha evolucionado la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera desde la revolución industrial?

luar la capacidad de los estudiantes para utilizar el conocimiento científico adquirido; en primer lugar, el alumno debe hacer una lectura comprensiva de un texto, identificando los datos relevantes, para, a continuación, poder extraer o evaluar conclusiones. En el cuadro 2, las preguntas son totalmente directas, sólo hay dos posibilidades, se sabe la respuesta o no se sabe; los estudiantes que mejor reproduzcan la respuesta tendrán más éxito. En general, en nuestra tradición educativa, aunque se utilizan también otros tipos de actividades más ricas, según las diferentes disciplinas (véase, por ej., Niedo, Cañas y Martín-Díaz, 2004), el peso de las actividades del tipo de las presentadas en el cuadro 2 sigue siendo muy grande, tanto para el trabajo en el aula como, sobre todo, en la evaluación. Esto hace que los alumnos se orienten más hacia estrategias de trabajo más centradas en la reproducción que en la comprensión.

Los estudiantes, tras años en un sistema educativo en el que se prima la reproducción literal de contenidos, aunque no se llegue a comprenderlos, se sienten seguros con esta estrategia de trabajo. Cuando más adelante, en cursos superiores, se enfrentan a actividades más complejas, ejercicios y

problemas en los que se presentan nuevas situaciones y deben poner en práctica una estrategia propia de resolución, ante la dificultad recurren a lo que saben hacer y les ha proporcionado éxito hasta ese momento e intentan memorizar estrategias ya elaboradas. Cuando se cambia la situación, muchos alumnos fracasan, pero, una vez explicada por el profesor, memorizan la nueva situación, y así sucesivamente. Acaban simulando que comprenden lo que apenas logran repetir y llegan a situaciones en las que se ven superados por la sensación de fracaso.

En bastantes ocasiones, los profesores de ciencias prescriben que «el alumno debe cambiar su manera de trabajar». Pero, para un estudiante que durante años se ha entrenado en desarrollar una capacidad específica, es muy difícil cambiarla en un momento dado, sobre todo cuando coincide en el tiempo con la sensación de fracaso e impotencia. Los profesores podemos ayudar a aprender a nuestros estudiantes a desarrollar sus capacidades y evitar este tipo de situaciones, pero para ello debemos intentar: evitar tareas y situaciones de evaluación que permitan respuestas reproductivas (tan previsibles como las que sugería aquel estudiante interrogado por Feynman, que ya

sabía las preguntas que le iban a hacer y las respuestas que debía dar). Debemos plantear situaciones nuevas que permitan la generalización de los conocimientos; promover y valorar las ideas y expresiones personales de los estudiantes; no tener miedo al error, ya que el aprendizaje constructivo progresa a partir del error; utilizar técnicas «indirectas» en la evaluación que hagan inútil la repetición literal y acostumbrar a los aprendices a aventurarse en el uso de sus propios conocimientos para resolver problemas y conflictos, a aprender a dudar de sus propias ideas, pero también, por qué no, de las que nosotros les proporcionamos, en lugar de aceptarlas como verdades reveladas que deban ser repetidas al pie de la letra.

Referencias bibliográficas

- BRANSFORD, J.D.; BROWN, A.; COOKING, P. (2000): *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington. National Academic Press.
- DONOVAN, M.S.; BRANSFORD, J.D. (ed.) (2005): *How students learn: History, Mathematics and Science in the classroom*. Washington. National Academic Press.
- FEYNMAN, R.P. (1987): *¿Está usted de broma, Sr. Feynman?* Madrid. Alianza.
- LINDEN, D. (2010): *El cerebro accidental. La evolución de la mente y el origen de los sentimientos*. Barcelona. Paidós, 2007.
- MEC. (2010): *Evaluación general de diagnóstico 2009. Educación Primaria, 4.º curso. Informe de resultados* [en línea]. Ministerio de Educación, Instituto de Evaluación. <<http://educacion.es/dctm/ministerio/horizontales/prensa/documentos/2010/informe-final-egp.pdf?documentId=0901e72b801170df>>.
- NIEDA, J.; CAÑAS, A.; MARTÍN-DÍAZ, M.J. (2004): *Actividades para evaluar ciencias en secundaria*. Madrid. Antonio Machado.

OCDE (2009): *Informe TALIS. La creación de entornos eficaces de enseñanza y aprendizaje. Síntesis de los primeros resultados* [en línea]. OCDE / Santillana Educación. <www.instituto-deevaluacion.mec.es/contenidos/internacional/talis_2009_informe_esp.pdf>.

PECHARROMÁN, I.; POZO, J.I. (2006): «¿Cómo sé que es verdad? Epistemologías intuitivas de los estudiantes sobre el conocimiento científico». *Investigações em ensino de ciencias* [en línea], vol. 11(2). <www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.

POZO, J.I. (2003): *Adquisición de conocimiento: cuando la carne se hace verbo*. Madrid. Morata.

— (2008): *Aprendices y maestros: la psicología cognitiva del aprendizaje*. Madrid. Alianza.

POZO, J.I.; GÓMEZ CRESPO, M.A. (1998): *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid. Morata.

POZO, J.I. y otros (ed.) (2006): *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje: Las concepciones de profesores y alumnos*. Barcelona. Graó.

SÁNCHEZ, E.; GARCÍA RODICIO, H. (2006): «Relectura del estudio PISA: qué y cómo se evalúa el rendimiento de los alumnos en la lectura». *Revista de Educación*, núm. extraordinario, pp. 195-226.

Direcciones de contacto

Juan Ignacio Pozo

Universidad Autónoma de Madrid

nacho.pozo@uam.es

Miguel Ángel Gómez Crespo

IES Victoria Kent. Torrejón de Ardoz (Madrid)

mgomez@platea.pntic.mec.es

Este artículo fue solicitado por ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES en marzo de 2010 y aceptado en julio de 2010 para su publicación.