



Introducción a un método para la conducción y análisis de diálogos didácticos basado en la evaluación de modelos mentales

Introduction to a method for conducting and analysing didactic dialogues based on the evaluation of mental models

Joan Aliberas, Rufina Gutiérrez, Mercè Izquierdo

Universitat Autònoma de Barcelona

jalibera@xtec.cat, rufina.gutierrez@uab.cat, merce.izquierdo@uab.cat

RESUMEN • Hemos desarrollado un método de análisis y conducción de diálogos didácticos en las clases de ciencias utilizando como marco teórico el modelo *ONEPSI* (ONtológico, EPistemológico, PSicológico). También hemos usado el mismo método tanto en la regulación de un diálogo entre profesor y alumno, como en su posterior análisis. La regulación, efectuada mediante la técnica *teachback*, basada en el trabajo de Pask, se ha mostrado plenamente compatible con el modelo ONEPSI, y ha mostrado su efectividad tanto para conseguir que el alumno identifique sus dificultades y sea capaz de superarlas, como para lograr que termine razonando de manera compatible con el conocimiento científico. Finalmente se discuten algunas de las posibles consecuencias de su utilización en las clases de ciencias de ESO.

PALABRAS CLAVE: diálogo didáctico; regulación; modelo mental; emoción; motivación.

ABSTRACT • Using ONEPSY model (ONtological, EPistemological, PSYchological) as theoretical framework we have developed a method for analyzing and conducting didactical dialogs in science lessons. We have also used this method in the regulation of a dialog between teacher and student, and further analysis. The regulation, performed using *teachback* technique, based on the work of Pask, has been shown fully compatible with ONEPSY model, and has proven to be effective both for student can identify their difficulties and be able to overcome them, as to achieve reasoning consistently with scientific knowledge. Finally, some of the possible consequences of their use in secondary education (ESO) science lessons are discussed.

KEYWORDS: didactic dialog; regulation; mental model; emotion; motivation.

Recepción: enero 2016 • Aceptación: septiembre 2016 • Publicación: junio 2017

Aliberas, J., Gutiérrez, R., Izquierdo, M., (2017) Introducción a un método para la conducción y análisis de diálogos didácticos basado en la evaluación de modelos mentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 35.2, pp. 7-28

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En la literatura didáctica han ido quedando claras las limitaciones del diálogo escolar entre profesor y alumnos cuando se basa en el patrón tríadico (pregunta-respuesta-evaluación), tan usado todavía en la práctica educativa (Lemke, 1993; Mortimer y Scott, 2003; De Witt y Hohenstein, 2010): condiciona negativamente la relación del alumno con el conocimiento científico (Ford y Wargo, 2012) y fomenta el «estigma del error» en los alumnos (McNeil y Pimentel, 2010) desalentando su participación en el debate. Se ha comprobado que cuando se abandona, la actitud de los alumnos se vuelve más activa (DeWitt y Hohenstein, 2010).

Como alternativa al patrón tríadico apostamos por el diálogo en clase por razones basadas tanto en nuestra experiencia como en datos de la literatura: *a*) la práctica del diálogo en clase resulta natural para los alumnos; *b*) permite la creación de un clima de aula basado en el respeto, haciendo posible que cada uno de ellos pueda exponer sus ideas abiertamente sin sentirse amenazado por ello (Bellocchi, 2014); *c*) ello permite al alumno elaborar y reelaborar su conocimiento personal, consolidando su autoconfianza en sus propias capacidades (Bolton, 2005); *d*) se crea así una dinámica más parecida a la de la comunidad científica que mediante otras estrategias (McNeil y Pimentel, 2010); *e*) permite desarrollar mejor la comprensión conceptual, la competencia investigadora, la comprensión de la epistemología de la ciencia y de la misma ciencia como práctica social (Driver, Newton y Osborne, 2000); *f*) todo lo anterior contribuye a mejorar el razonamiento crítico del alumnado (Frijters y Rijlaarsdam, 2008).

A pesar de tantas ventajas, el diálogo escolar encuentra en la práctica un inconveniente que puede resultar decisivo: la imposibilidad de prever con razonable exactitud el rumbo que tomará (Scott, Mortimer y Aguiar, 2006), lo cual introduce un factor de inseguridad para el profesorado, que este a menudo percibe como demasiado arriesgado para resultar asumible.

OBJETIVOS

Para tratar de paliar este problema, partiendo de una base teórica muy concreta hemos desarrollado una técnica de regulación y análisis del diálogo escolar que permite ayudar al alumno a percibir y resolver por sí mismo los problemas que encuentra durante su aprendizaje de las ciencias. Por todo ello, en este artículo nos proponemos:

1. Desarrollar, con fundamento teórico, un método de análisis y conducción de *diálogos didácticos* que preparen al alumno para la ejecución de inferencias científicamente válidas.
2. Evidenciar los procesos producidos durante un diálogo regulado mediante la técnica *teachback*.
3. Comprobar la utilidad de la regulación *teachback* para conseguir que el alumno supere sus dificultades de aprendizaje y llegue a razonar de forma científicamente aceptable.

Este trabajo expone los resultados de otro más extenso (Aliberas, 2012) de forma que los datos y análisis que aparecen aquí –y que por razones de espacio son solo una pequeña selección de los utilizados– sean suficientes para que el proceso de conducción y análisis de diálogos didácticos pueda resultar comprensible para el lector.

MARCO TEÓRICO

Para nuestro propósito hemos procurado aprovechar los mecanismos naturales de razonamiento del alumnado, así como explotar los procesos mediante los cuales diversas personas llegan a ponerse de acuerdo sobre determinados conocimientos. Para estas finalidades hemos escogido, respectivamente, el

modelo ONEPSI para los procesos de construcción del conocimiento de sentido común y la técnica «*teachback*» para facilitar la comunicación interpersonal hasta llegar a consensos explícitos.

EL MODELO ONEPSI

El modelo ONEPSI ha sido propuesto por R. Gutiérrez (1994, 2001) basándose principalmente en el concepto de *modelo mental* descrito por Johnson-Laird (1983), en los trabajos de de Kleer y Brown (1981, 1983) realizados en el campo de la inteligencia artificial y en otros autores como Piaget (1975), Sorensen (1992) y Reiner y Gilbert (2000). Este modelo trata de describir detalladamente los procesos mediante los cuales los humanos, para comprender la realidad y actuar eficazmente sobre ella, construimos modelos mentales de los sistemas físicos que en cada momento consideramos relevantes.

Según el modelo ONEPSI (fig. 1), la primera operación que hace el sujeto es construir un *modelo mental* del sistema físico cuyo funcionamiento intenta comprender, constituido por los siguientes *elementos* (Johnson-Laird, 1983):

1) Una *primera representación* mental de las *entidades* del sistema y de las *propiedades* de esas entidades que son relevantes para explicar el funcionamiento del sistema, según el interés del sujeto.

2) De esta primera representación mental se deriva una *segunda representación*. En el caso de los sistemas físicos dinámicos, se trata de un *modelo causal mental*, en el que se establecen las posibles relaciones causas-efectos, basadas en el principio causal (Bunge, 1959), que se dan entre las entidades de la primera representación.

El modelo causal construido es *ejecutable* (en el sentido informático del término) de manera que se puede realizar una simulación mental que permite comparar el funcionamiento inferido del modelo con el funcionamiento del sistema real. El modelo causal es el que hace posible la elaboración de inferencias sobre el sistema.

A este respecto, sería interesante comparar la nomenclatura aquí utilizada con la que usa M. T. H. Chi en su artículo de 2008. Examinando la figura 3.1 de la página 64 de dicho artículo, en la que representa los *ontological trees* (árboles ontológicos) la definición de *entities* (entidades) y sus propiedades coincide con la nuestra. La definición de *processes* (procesos) coincide con nuestro *modelo causal*, tanto en lo que ella llama *procesos directos* (*causalidad directa*, en términos de diSessa, 2015: 6) como en los llamados *procesos emergentes*, que en términos de Forbus (1985) podría denominarse *causalidad procesual*. En nuestra experiencia como investigadores, y en la de otros autores, se muestra empíricamente que los sujetos reducen espontáneamente la causalidad procesual a una causalidad directa (preservando así el principio causal: una causa-un efecto) al explicar la evolución de los sistemas físicos (ej. Rozier y Viennot, 1991; Viennot, 1996; Solsona y otros, 2000).

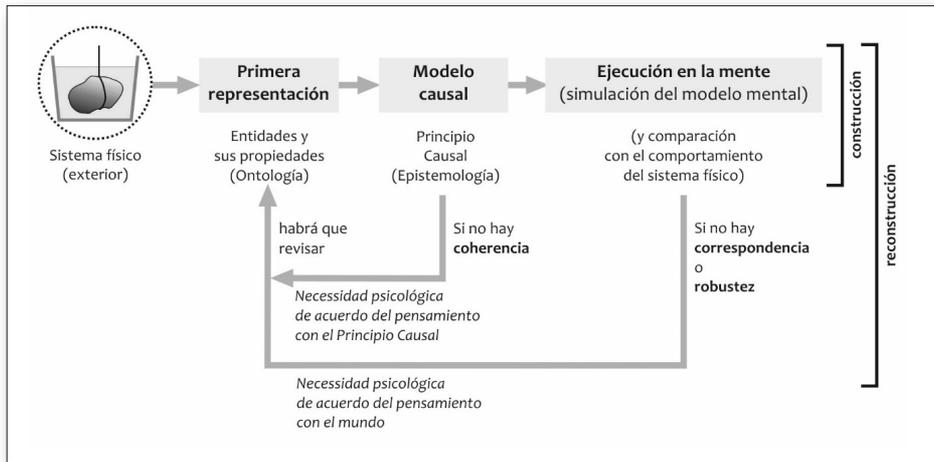


Fig. 1. Funcionamiento del proceso de construcción y reconstrucción de modelos mentales, según el modelo ONEPSI (adaptado de Gutiérrez, 2001). Como puede verse, el modelo ONEPSI incorpora condicionantes ONtológicos, EPistemológicos y PSicológicos: de ahí su nombre.

Cuando un alumno emprende el proceso de construcción del modelo mental de un sistema, puede experimentar momentos en los que falla la *satisfacción* con su propio modelo mental, lo que le supone un problema tanto cognitivo como emocional, que le empuja a buscar una solución. Según el modelo ONEPSI, experimenta *insatisfacción* cuando se produce alguna de las siguientes situaciones (fig. 2):

1. Le resulta imposible conectar causas y efectos para llegar a comprender de manera satisfactoria el funcionamiento del sistema (falta de *coherencia* del modelo mental con respecto al principio causal).
2. El resultado de la ejecución del modelo mental no coincide con el comportamiento real del sistema (falta de *correspondencia*).
3. El modelo mental de un sistema no explica sus comportamientos imprevistos o los de otros sistemas parecidos (falta de *robustez*).

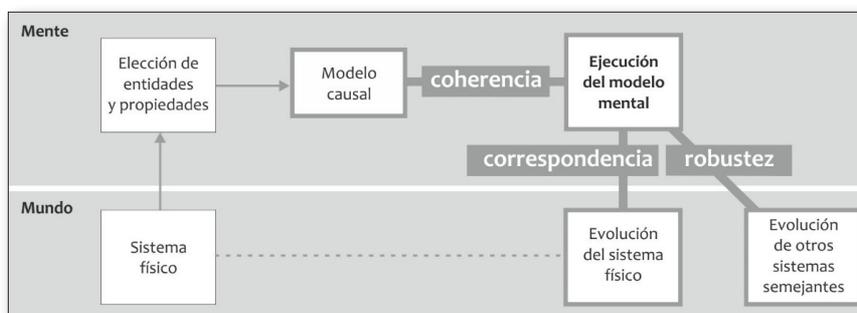


Fig. 2. Construcción y características de un modelo mental satisfactorio según el modelo ONEPSI: *coherencia*, *correspondencia* y *robustez*.

LA «CONVERSACIÓN» SEGÚN PASK: LA TÉCNICA *TEACHBACK*

Una vez establecido un modelo que nos resulta útil para entender cómo las personas intentamos comprender los sistemas del mundo, queda por resolver el proceso mediante el cual dos interlocutores llegan a un consenso sobre la explicación del funcionamiento de un sistema.

En este aspecto, nos resulta muy adecuada la *teoría conversacional*, de Gordon Pask (1975, 1976). Pask es considerado como «uno de los grandes exponentes de la cibernética de todos los tiempos» (Obrist, 2003) (cf. a modo de ejemplo, François (2004) *International Encyclopedia of Systems and Cybernetics*, con más de 60 entradas relativas a Pask). En nuestro caso, nos interesa su concepto de *Conversación*, aplicado a la ingeniería del conocimiento (*Knowledge Engineering*¹). En este campo, el modelo de Pask no ha sido superado, en cuanto a apoyatura teórica se refiere, aunque haya habido alguna adaptación de su método de cuestionamiento (cf. Dubberly y Pangaro, 2009; Bazdresch, 2012). En relación con el ámbito didáctico, los autores que han respetado el método postulado por Pask (*teachbak*) han obtenido resultados empíricos muy satisfactorios (Johnson y Johnson, 1987; Gutiérrez y Ogborn, 1992; Serrano, 1992; Fischer, 1993; Gutiérrez, 1994; Solsona, 1997; Gutiérrez, 2003). Por este motivo, nos inclinamos por seguir los postulados originales de Pask, cuyos principales elementos presentamos a continuación.

Cómo se aprende

Pask se pregunta sobre la estructura mínima necesaria para poder aprender sobre un determinado dominio de problemas (fig. 3), tanto si se trata de una persona como de una máquina. Su respuesta puede sintetizarse así:

- Necesitamos un sistema (*solucionador de problemas de bajo nivel*, rectángulo central de la fig. 3) capaz de generar acciones que resuelvan problemas del dominio de que se trate y de obtener información sobre los resultados de dicha intervención. Todo irá bien si la información recibida indica que la acción ha obtenido los resultados previstos.
- En caso contrario, es necesaria la presencia de otro sistema (*solucionador de problemas de alto nivel*, rectángulo superior de la fig. 3) capaz de modificar los procedimientos de bajo nivel para intentar hacerlos más eficaces. Para comprobar hasta qué punto lo ha logrado debe recibir información pertinente sobre sus efectos. Tenemos así un mínimo sistema cognitivo que es capaz de aprender autónomamente.

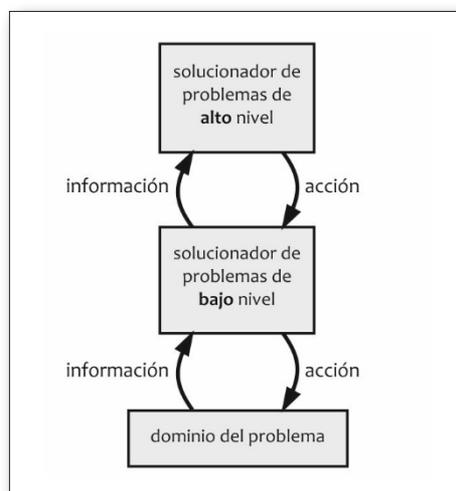


Fig. 3. Sistema cognitivo con capacidad de aprender autónomamente (basado en Pask, 1975).

1. El ingeniero del conocimiento de ocupa de hacer explícito el conocimiento de los expertos, de manera que se pueda implementar en máquinas inteligentes (sistemas expertos).

Cómo se conserva lo aprendido. El concepto de Conversación

La teoría de Pask no solo explica cómo un sistema cognitivo puede aprender con autonomía, sino que también explica cómo el *sistema cognitivo conserva lo que ha aprendido*. Para ello, plantea otro supuesto teórico:

- *La estabilidad de un sistema cognitivo autónomo implica su autorreplicación*. Esto quiere decir que el sistema debe disponer de procedimientos, D_0 y D_1 , que le permitan obtener un duplicado de sí mismo. En la fig. 4 se representa gráficamente este proceso. A esta estructura cognitiva Pask la llama *Conversación* (la mayúscula pretende atribuir al término este sentido técnico).

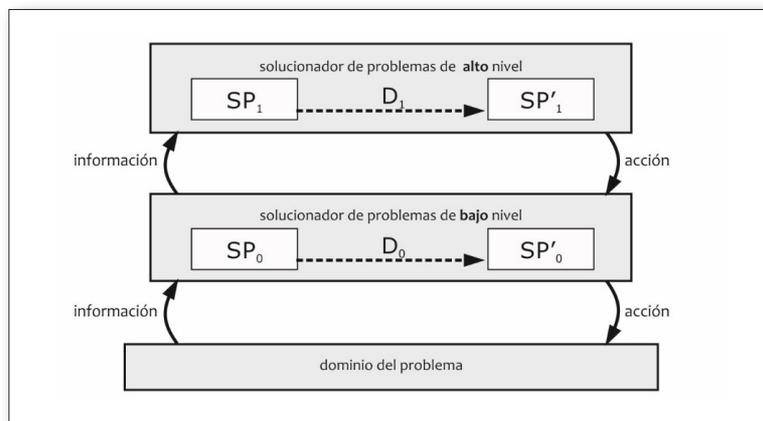


Fig. 4. El sistema cognitivo representado en esta figura es una *Conversación*, capacitado para aprender autónoma y establemente (basado en Pask, 1975).

El concepto *Conversación* (el sistema cognitivo aprende «diciéndose» a sí mismo) puede proporcionar fundamento al *autoaprendizaje*, un fenómeno bien conocido en la literatura didáctica (Chi, 2000; Wong, Lawson y Keeves, 2002; Gutiérrez, 2003; Craig *et al.*, 2006; Ainsworth y Burcham, 2007; Van den Boom *et al.*, 2007; Fonseca y Chi, 2011; diSessa, 2014). Hay que advertir que, así como el concepto de autoaprendizaje («self-learning») se define nítidamente en la teoría de Pask, en su aproximación didáctica este término puede referirse a diferentes tipos de aprendizaje. En Chi (2000: «Self-explaining expository texts: The dual processes of generating inferences and repairing mental models») puede encontrarse una descripción bastante completa de las diferentes acepciones que pueden encontrarse del término.

¿En qué consiste enseñar?

Consecuente con lo expuesto hasta ahora, Pask plantea el proceso de enseñanza/aprendizaje de esta manera:

- Se trata de la comunicación que se establece entre dos *Conversaciones*, mediante la cual una *Conversación*, A (el que enseña), se «duplica» en otra *Conversación*, B (el que aprende), mediante un proceso de *feedback*. A enseña (*teach*) a B lo que sabe y B responde a A diciéndole lo que ha entendido de su explicación (*teachback*). Cuando A queda satisfecho con la respuesta de B, significa que B ha comprendido a A: se ha establecido un *consenso* entre lo que sabe A y lo que ha aprendido B. Este proceso se representa en la fig. 5.

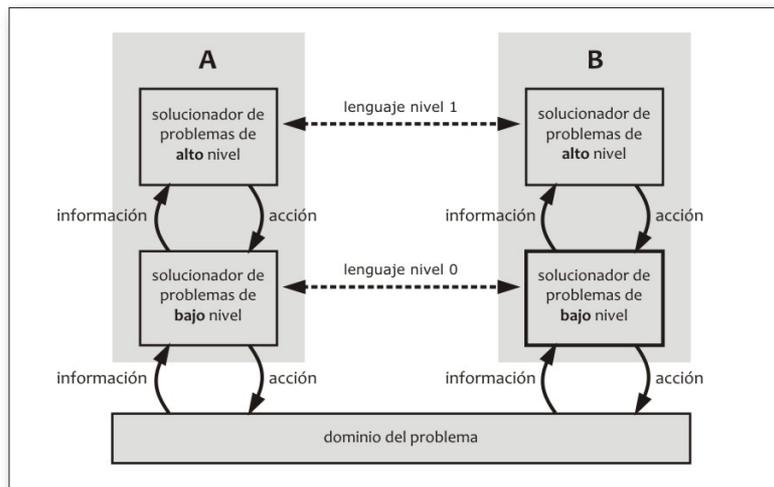


Fig. 5. Las Conversaciones A y B (cada una con la estructura representada en la fig. 4) establecen un diálogo para consensuar conocimientos acerca del dominio de un problema (basado en Pask, 1975).

Para nuestro propósito, consideraremos que el alumno es un experto en sus concepciones sobre el mundo (aunque no lo sea en ciencias), unas concepciones que el entrevistador intentará conocer estableciendo un diálogo con él.

Para ello utilizará un *lenguaje de bajo nivel* (nivel 0) para conversar sobre los contenidos o procedimientos de ese nivel, con preguntas del tipo «¿qué...?» y «¿cuál...?».

De modo parecido podría utilizar un *lenguaje de alto nivel* (nivel 1) para conversar sobre los contenidos o procedimientos de ese nivel, usando preguntas del tipo «¿cómo...?» y «¿por qué...?».

La técnica *teachback*

Para extraer el conocimiento de un experto, Pask (1975), partiendo de la idea de Conversación, propone la técnica *teachback*, que consiste en lo siguiente: el entrevistador pide al experto que le enseñe (*teach me*) lo que sabe sobre el tema de interés y el experto lo hace; el entrevistador cuenta al experto (*teach back*) su versión de lo que ha entendido; si el experto se reconoce en esta explicación, el diálogo puede avanzar; si no es así, experto y entrevistador reanudan intercambios *teachback* hasta llegar a un *consenso* (comprensión por parte del entrevistador de lo que piensa el experto). Lo más interesante de este proceso de intercambio es que el entrevistador se limita a «devolver» al experto lo que él mismo ha explicitado del tema, sin suministrar ninguna información nueva. De esta manera, el experto se siente empujado a reelaborar o completar sus respuestas para intentar que le entienda el entrevistador, hasta llegar a persuadirse de que efectivamente le ha entendido (consenso).

Una vez situados en nuestro marco teórico, podemos pasar a abordar los tres objetivos propuestos para este trabajo en los tres apartados numerados siguientes.

1. MÉTODO PARA LA CONDUCCIÓN Y ANÁLISIS DE DIÁLOGOS *TEACHBACK*

Como apuntamos anteriormente, el marco teórico nos proporciona diversas herramientas tanto para la conducción de diálogos establecidos utilizando la técnica *teachback* como para su posterior análisis.

Contrariamente a la tradición docente, para la realización de un diálogo *teachback* entre profesor y alumno sobre un determinado sistema, el profesor adopta el papel de *entrevistador* y atribuye al alumno o alumnos el de *expertos* (en sus propias concepciones del mundo). Así, el entrevistador trata de conocer los modelos mentales que el alumno utiliza para comprender dicho sistema. Para ello utilizará la técnica *teachback* con una modificación introducida por Gutiérrez (1994): dirigir las preguntas del entrevistador a aclarar las *ambigüedades* que perciba en el modelo mental del alumno y que le impiden reproducirlo y ejecutarlo adecuadamente en su propia mente.

La intención es que focalizando el proceso *teachback* en las ambigüedades del discurso del alumno, este pueda pasar a un nivel de análisis más elevado para intentar resolverlas, sin que el entrevistador le proporcione ningún tipo de información nueva. Si lo consigue, veremos en sus respuestas un modelo mental satisfactorio (no necesariamente coincidente con el modelo «científico»); si no es así, el alumno puede percibir que ha fallado la *coherencia*, la *correspondencia* o la *robustez*. Para solucionarlo deberá reconstruir su modelo mental hasta conseguir que, por fin, le resulte satisfactorio. El entrevistador tiene que poder detectar todo este proceso a partir de las respuestas del alumno.

La transcripción de un diálogo didáctico entrevistador-alumno, regulado mediante *teachback*, permite poner de manifiesto los procesos que el entrevistador realiza para su conducción, así como analizar la dinámica que empuja al alumno a realizar cambios en sus modelos mentales (es decir: aprender). Para poner de manifiesto los procesos que tienen lugar, hemos construido la tabla 1 con las siguientes columnas:

- *Intervención*. Numera correlativamente las intervenciones del entrevistador y del alumno, identificándolas mediante las letras E y A respectivamente.
- *Diálogo*. Transcripción literal de las intervenciones. Entre corchetes se describen acciones o sucesos relevantes.
- *Análisis de la respuesta, detección de ambigüedades y generación de la réplica*. Al analizar la respuesta del alumno se intentan describir las características –satisfactorias o no– del *modelo mental* que parece estar usando; dicho análisis termina con la indicación (M). Si se perciben aspectos *ambiguos*, se describen, acabando con (A). Finalmente, se elabora la réplica a partir de las ambigüedades detectadas y otros elementos. Se especifican otros procesos reguladores que el entrevistador realiza: evaluar y tomar decisiones estratégicas sobre la conducción del diálogo (C), contribuir a la comunicación mediante el uso de estrategias de lenguaje (L), colaborar en la gestión de experimentos sobre el sistema físico (F) y explorar las consecuencias sociales del diálogo mantenido (S).
- *Resultado emocional y razonamiento del alumno*. Si han podido realizarse, se muestran las evaluaciones de *coherencia* (COH), *correspondencia* (COR) y *robustez* (ROB) así como su carácter *satisfactorio* (+) o *insatisfactorio* (–); se trata de las evaluaciones *que el alumno parece realizar*, y no de las que pueda hacer el entrevistador teniendo en cuenta sus propias ideas científicas. Se indican las relaciones entre propiedades que sintetizan la inferencia final realizada mediante el modelo mental, de forma que unas propiedades acaban afectando a otras, relación que se indica mediante una flecha (→).

Con todo ello, el método de conducción y análisis queda completamente configurado.

2. PROCESOS EN UN DIÁLOGO *TEACHBACK*

Hemos aplicado el método que acabamos de describir a un diálogo de 18 minutos de duración entre un profesor y un alumno de Física y Química de cuarto de curso de Educación Secundaria Obligatoria, de 15 años y nivel medio, con la posibilidad de realizar algunos experimentos. Hemos elegido esta entrevista, entre las muchas que hemos realizado en el aula durante varios años, porque con poco tiempo de diálogo se ponen de manifiesto los elementos que queríamos resaltar. Constó de 155 intervenciones por interlocutor, de las que aquí solo se analiza completamente un fragmento representativo.

(Cuando el diálogo sobre este tema se ha realizado en clase con todo el grupo, ha resultado siempre muy parecido al aquí analizado).

Fragmento a analizar: intervenciones 9E a 15A

Se dialoga sobre la deformación de una pelota sumergida en agua (fig. 6) y la disminución aparente del peso de un objeto sumergido (fig. 7). Aunque en clase ya habían considerado brevemente estos sistemas, en el diálogo el alumno muestra su incomodidad con la explicación oficial (intervención 4A, problema 1 de la fig. 9). El entrevistador subraya (4E) su interés por las opiniones del alumno, no de la profesora, con lo que el problema 1 queda inmediatamente sin efecto.

Entre las intervenciones 2A y 9A el alumno ha optado por la opción B (fig. 6) argumentando que al recibir fuerza por encima y por debajo se deforma en estas dos direcciones. Un modelo *satisfactorio* para él.

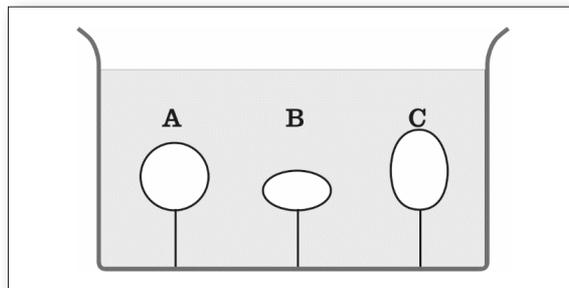


Fig. 6. Pelota esférica sujeta al fondo de un recipiente. Se ofrecen al alumno tres opciones sobre la forma que adquiriría.

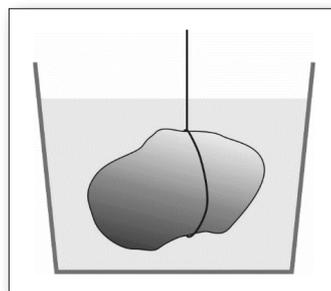


Fig. 7. Sistema físico analizado: una piedra sostenida dentro del agua.

El análisis que hemos efectuado del fragmento entre 9E y 15A se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 1
 Análisis del fragmento de diálogo entre entrevistador y un alumno sobre el sistema de la fig. 7. En cada columna se realizan distintas funciones, descritas anteriormente al final del apartado 1. *Eco* significa que un interlocutor repite literalmente algunas palabras del otro.

<i>Intervención</i>	<i>Diálogo</i>	<i>Análisis de la respuesta (M), detección de ambigüedades (A) y generación de la réplica</i>	<i>Resultado emocional y razonamiento del alumno</i>
9E	Si tenemos que sostener esta piedra, ¿cuándo tenemos que hacer más fuerza: fuera del agua o dentro del agua?	Planteamos el problema a analizar (C). La formulación intenta evitar decir que el peso cambia (L).	
10A	Dentro del agua tenemos que hacer menos fuerza y fuera, más. Porque la presión del agua que también hace hacia arriba nos hace que este material pese menos.	La afirmación de que se precisa menos fuerza parece indicar que conoce el fenómeno y lo utiliza como indicio para buscar su causa (M). Eco (L).	COR+ P hacia arriba →disminución del peso
10E	Que pese menos.		
11A	Claro, no es lo mismo coger la piedra fuera que cogerla dentro porque dentro también hace fuerza hacia arriba.	La respuesta seguramente es correspondiente, pero ahora la presión va hacia arriba y no menciona la que va hacia abajo, que citó antes (intervención 7A) (A), ni quién hace fuerza hacia arriba, pero seguramente es el agua, tal como había afirmado en la misma intervención 7A.	(el mismo modelo mental)
11E	Sí, antes ya me lo has dicho que hacía fuerza hacia arriba, pero también me has dicho que hacía fuerza hacia abajo.		
12A	Ya [se ríe], eso sí. Es que...	Se da cuenta de que no le cuadra y se ríe: la fuerza hacia arriba hace que pese menos, pero la fuerza hacia abajo lo tendría que hacer pesar más, no hay coherencia (M): ¿pesará más o menos? (A)	COH- F hacia arriba →disminución del peso F hacia abajo →aumento del peso
12E	Entonces...		
13A	Bien, es que hacia abajo hace menos fuerza que hacia arriba.	Lo resuelve haciendo que una fuerza sea mayor que la otra, seguramente porque conoce el fenómeno. Ahora vuelve a ser correspondiente y ha resuelto la incoherencia (M). Frase por completar (L).	COH+ F pequeña hacia abajo y F mayor hacia arriba →menos peso COR+ Concuerda con la experiencia
13E	¿Hacia arriba...?		
14A	Hace más fuerza...	Lo completa de forma coherente (M). Afirmación por confirmar (L).	(el mismo modelo mental)
14E	Que hacia abajo.		
15A	O es que... No sé cómo explicarlo...	La falta de respuesta la interpretamos como confirmación (M). Pero explicita dudas sobre el motivo de esta diferencia de fuerzas (M).	COH- ¿causa? →F pequeña hacia abajo y F mayor hacia arriba

Algunos momentos que destacar

11A-12A. El entrevistador se ha dado cuenta de una ambigüedad en la respuesta del alumno: anteriormente (intervención 7A) el alumno había afirmado que sobre otro objeto igualmente sumergido –una pelota– el agua ejercía fuerza hacia arriba y hacia abajo y cree que lo achata verticalmente, mientras que ahora menciona solo la fuerza hacia arriba. Que responda riéndose, una manifestación emocional,

indica que está viviendo una insatisfacción con su propio modelo mental, que lo lleva a inferir que el objeto deba pesar más... y al mismo tiempo menos: algo imposible que le impide construir su *modelo causal* por falta de *coherencia* y que le empuja a revisar inmediatamente sus entidades y propiedades.

La risa en ese momento de crisis de su modelo solo puede entenderse en un ambiente no amenazador y de colaboración.

13A. Lo resuelve reconstruyendo su modelo mental: la fuerza hacia arriba es mayor que la que actúa hacia abajo. Ahora el *modelo mental* vuelve a ser *coherente* y dado que le proporciona la inferencia empíricamente correcta (ya que sabe que el objeto sumergido parece pesar menos), también se convierte en *correspondiente* y ya le resulta plenamente *satisfactorio*.

15A. Parece que no encuentra una *causa* para que las fuerzas hacia arriba y hacia abajo sean distintas. Ya que no puede construir la cadena causal adecuada, el modelo le resulta ahora *incoherente* y, por ello, *insatisfactorio*. Esto origina al alumno una contrariedad (problema 3) que planeará durante toda la entrevista y que no resolverá *satisfactoriamente*, como veremos, hasta mucho después.

Resumen del resto del diálogo

Por razones de espacio no podemos seguir manteniendo el mismo nivel de detalle en el análisis, por lo que pasaremos a resumir los momentos más relevantes del resto del diálogo.

El alumno realiza varios intentos para explicar la *causa* de que la fuerza hacia arriba sea mayor que hacia abajo (17A, 23A) sin conseguirlo.

Se le propone el caso de una cueva submarina: ¿al entrar horizontalmente en ella encontraremos mayor o menor presión? Su opinión es que será menor (39A, 57A) pero lo considera *insatisfactorio* porque su profesora afirmaba que la presión sería la misma (problema 4).

Para intentar solucionar los problemas surgidos se le propone utilizar un sencillo montaje (fig. 8) que nos permita aclarar de qué depende la presión dentro del agua: ¿de la profundidad?, ¿de la dirección?, ¿de la presencia de una cueva?

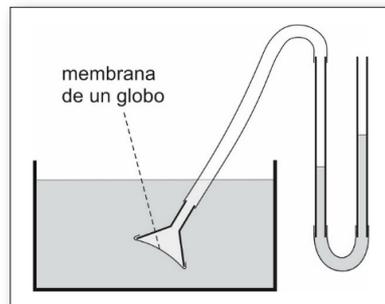


Fig. 8. Montaje experimental utilizado.

Durante el experimento comprueba, como esperaba, que la presión aumenta con la profundidad. Un asunto que no ha generado ningún problema.

En un momento determinado no sabe cómo girar el embudo manteniendo la profundidad (83A, problema 5). Una sugerencia del entrevistador (83E) le permite solucionarlo de modo inmediato y satisfactorio. Pero su previsión de que la presión actuaba sobre la pelota por encima y por debajo se estrella contra la evidencia: la presión no depende de la dirección. Se ríe de nuevo porque se ha dado cuenta de que su modelo no es *correspondiente* ni *robusto* (96A) por lo que tiene que *reconstruirlo* (101A).

En ese momento, el alumno vuelve espontáneamente (104A) al caso de la pelota sumergida (problema 2) porque se da cuenta de que su primera explicación (2A-9A) ha dejado de ser *robusta* al no poder aplicarse a un caso parecido. Afirma que la pelota recibe la misma presión por todas partes (109A) por lo que deberíamos esperar la misma deformación en todas las direcciones: la pelota sería esférica, pero más pequeña. Le parece que no corresponde a ninguna de las opciones ofrecidas, por lo que se trata de un resultado *no coherente* (112A). Pero lo soluciona rápidamente al darse cuenta de que la opción esférica podría ser más pequeña que inicialmente, por lo que la explicación se vuelve, de nuevo, y de forma definitiva, *satisfactoria* (113A).

Sigue el experimento investigando la cueva (un vaso tumbado en el fondo del recipiente) donde espera encontrar menor presión (problema 4). Pero la presión resulta ser la misma (127A, 130A) y el modelo no es *correspondiente*. Tiene que *reconstruirlo* para tener un modelo *satisfactorio* que finalmente está de acuerdo con su profesora (132A).

Para terminar, el diálogo regresa al caso pendiente del peso del objeto sumergido (problema 3). Al alumno se le resiste hasta que cae en la cuenta de que no todo el objeto está a la misma profundidad y que, por lo tanto, recibe mayor presión por debajo que por encima, con lo que el modelo ya es *correspondiente* (150A-152A).

Al final de la entrevista, el alumno se muestra contento porque sabrá explicarlo todo a sus compañeros en clase, tal como acordó con su profesora. Una consecuencia social positiva.

Vemos, pues, que efectivamente el alumno va avanzando en su aprendizaje a base de *construir* y *reconstruir* sus *modelos mentales* para los sistemas físicos propuestos (autoaprendizaje). Cuando un modelo deja de resultarle *satisfactorio*, inmediatamente lo pone en crisis e intenta introducirle cambios para conseguir que vuelva a serlo. El proceso se basa en la evaluación de la *coherencia*, *correspondencia* y *robustez* de los modelos mentales, una evaluación intensamente relacionada con estados emocionales positivos y negativos respecto al modelo mental.

Las tareas reguladoras del entrevistador

A lo largo del análisis de todo el diálogo puede constatarse cómo el entrevistador, mediante sus reflexiones recogidas en la tercera columna de la tabla, realiza 6 tareas (correspondientes a los códigos entre paréntesis presentados en el apartado 1) agrupadas en tres grandes funciones reguladoras:

Evaluadora

(M) Construye en su propia mente una copia del *modelo mental* del alumno a partir de sus explicaciones y lo evalúa –siempre según el punto de vista del alumno– para descubrir si este lo considera o no *coherente*, *correspondiente* y *robusto*.

Estimuladora

(A) El entrevistador se propone descubrir *ambigüedades* en el modelo mental del alumno para preguntar sobre ellas. Para el alumno constituyen un reto y un estímulo para intentar reconstruir su modelo mental, y así mejorarlo.

Otras regulaciones

(C) Evaluaciones y decisiones sobre la *conducción* del diálogo: decidir si una vía se ha agotado, probar otra estrategia, cambiar el sistema que analizar, etc.

(L) Estrategias *lingüísticas* para contribuir a la buena marcha del diálogo: poner a consideración del alumno un enunciado para que lo apruebe o lo modifique, repetir lo que ha dicho el alumno («eco») como forma de mostrarle atención, escoger o evitar conscientemente determinadas formas de hablar...

(F) Gestión de las intervenciones experimentales sobre el sistema *físico*.

(S) Considerar las consecuencias *sociales* del mismo diálogo.

Así pues, la técnica *teachback* nos ha permitido tanto conducir y regular el curso del diálogo como su análisis posterior, en una entrevista que ha resultado didácticamente productiva.

Es notable destacar que nuestro marco teórico da cuenta de todos los datos recogidos, sin generar datos residuales. Con ello, tanto este marco como los símbolos creados para manejarlo muestran ser una herramienta eficaz para la conducción y análisis de diálogos didácticos productivos entre profesor y alumno.

3. UTILIDAD DEL DIÁLOGO *TEACHBACK*

¿Qué es lo que se ha conseguido a lo largo de un diálogo conducido mediante *teachback*? Fundamentalmente lo siguiente: *a)* poner de relieve algunas reacciones emocionales del alumno relacionadas con su aprendizaje, que pueden poner en marcha la *reconstrucción* de los modelos mentales que él mismo considera insatisfactorios; *b)* comprobar que el alumno aprende correctamente algunos aspectos de un modelo científico; y *c)* evidenciar la ejecución, por parte del entrevistador, de un amplio repertorio de tareas de regulación.

a) Emociones y aprendizaje

El problema que para el alumno ha aparecido en su intervención 12A queda aparentemente olvidado hasta que lo recupera espontáneamente en la intervención 96A, unos doce minutos después, cuando él mismo conecta su preocupación –todavía viva– por el problema con los resultados de un experimento que ha realizado sobre otro sistema. De nuevo, muestra su emoción riéndose. Sin embargo, no se llega a un resultado definitivo para él –además de satisfactorio y científico– hasta la intervención 113A, acompañada otra vez de risas.

Las reacciones emocionales acompañan muchos de los momentos en que se evidencia un cambio en la evaluación del modelo mental, tanto si se convierte en satisfactoria como si deja de serlo. Los momentos de aprendizaje real constituyen, pues, periodos de notable efervescencia emocional.

b) Aprendizaje de ciencias

Centrándonos en los problemas que el alumno detecta en sus intervenciones 12A y 15A, podemos resumir en la tabla 2 las distintas reconstrucciones de sus *modelos mentales* para intentar resolverlos.

Tabla 2.

Resumen sintético de las intervenciones analizadas que implican alguna inferencia en relación con la resolución de dos de los problemas detectados (problemas 2 y 3). El alumno se los plantea inicialmente en sus intervenciones 12 y 15 («inicio») y no los da por resueltos definitivamente hasta la 113 y la 152 («fin») respectivamente. Las flechas indican que el problema no se halla todavía completamente resuelto mientras va ensayando explicaciones, unas *satisfactorias* (porque son *coherentes*, COH+, *correspondientes*, COR+ y *robustas*, ROB+) y otras no (COH-, COR-, ROB-). En la columna de la derecha se resume el modelo mental del alumno que parece vigente en aquel momento; la barra "/" indica la consideración simultánea de dos ideas o hechos.

Intervención	Inferencia satisfactoria	Inferencia insatisfactoria	Problema pendiente de solución	Descripción
12		COH-	2 inicio	El agua le hace fuerza hacia arriba y hacia abajo
13	COR+		2 ↓	El agua hace más fuerza hacia arriba que hacia abajo
15		COH-	2 ↓	No sabemos qué causa una mayor fuerza hacia arriba que hacia abajo
96		ROB- COR-	2 ↓	Fuerza igual en todas direcciones / En otro caso: por encima y por debajo
101	COR+		2 ↓	Misma presión en todas direcciones
104		ROB-	2 ↓	Presión igual en todas direcciones / Deformación desigual en otro caso
109	COH+		2 ↓	Fuerza en todas direcciones / Deformación en todas direcciones
112		COH-	2 ↓	Opciones ofrecidas en el dossier / Opción correcta
113	COH+		2 fin	Reinterpretar una de las opciones ofrecidas
15		COH-	3 inicio	¿Qué provoca que el agua haga más fuerza hacia arriba que hacia abajo?
17		COH-	3 ↓	La gravedad no, porque actúa dentro y fuera del agua
23		ROB-	3 ↓	Pelota: fuerza hacia arriba y hacia abajo / Piedra: fuerza hacia arriba
150	COH+		3 ↓	Superficie inferior recibe mayor presión que la superior
150	COR+		3 ↓	Tendría que pesar menos / Hemos medido menos peso
150	ROB+		3 ↓	Caso del embudo / Caso de la piedra
151	COH+		3 ↓	Pesa igual, pero parece que pese menos

A lo largo de nuestro diálogo de 18 minutos han surgido cinco problemas, dos de los cuales (1 y 5) se han resuelto inmediatamente, mientras que los otros tres han requerido, como hemos visto, decenas de intercambios entre entrevistador y alumno –incluyendo experimentaciones con sistemas físicos y el estudio de otros sistemas– para llegar a resolverse correctamente (fig. 9).

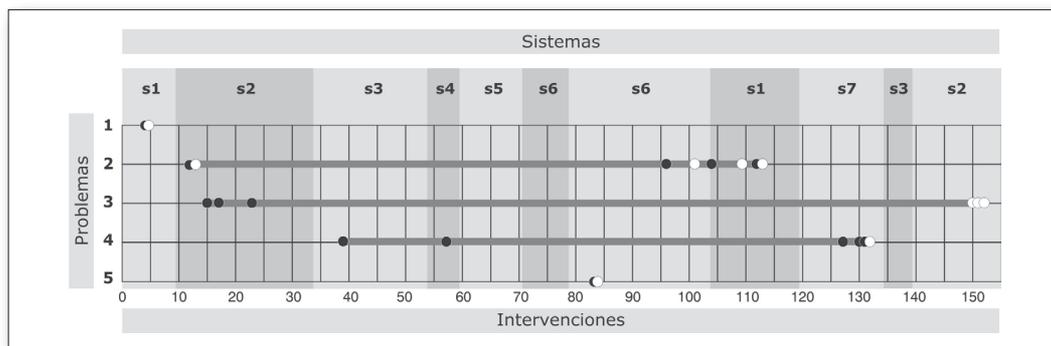


Fig. 9. Evolución de los cinco problemas, tres de los cuales, representados con líneas oscuras, son de largo recorrido (1: contradicción con su profesora. 2: ¿cuál es la dirección de la presión dentro del agua? 3: ¿por qué parece pesar menos dentro del agua? 4: ¿cómo afecta una cueva a la presión? 5: ¿cómo hacer el experimento?). Los círculos indican progresos relevantes en la detección y resolución de los problemas: con círculos negros las evaluaciones insatisfactorias del modelo mental, y con blancos las satisfactorias. Los colores de fondo corresponden a los distintos sistemas (numerados y con la letra «s» delante) que son objeto de atención en cada momento.

Hay que subrayar que a los tres problemas de largo recorrido surgidos en el diálogo, el alumno ha terminado por darles una explicación correcta desde el punto de vista científico, sin que el entrevistador le haya proporcionado información ni directa ni indirectamente. El alumno ha superado él mismo todas las dificultades que ha encontrado. Cada una de estas resoluciones constituye una evidencia del mecanismo de *autoaprendizaje* previsto en la concepción de Conversación de Pask. La actuación del entrevistador ha estimulado la Conversación interna del alumno.

Es notable que ello se produzca en un diálogo en el que, al contrario de lo habitual, el entrevistador o profesor se toma en serio las respuestas del alumno y le formula preguntas sobre las ambigüedades detectadas en ellas, para poder así llegar a comprender mejor el modelo mental que el alumno había construido. Advertimos que, en este caso, la gran mayoría de respuestas del alumno parecen fruto de la ejecución del modelo mental del momento –es decir, de inferencias realizadas sobre la marcha–, no de aprendizajes anteriores.

Con estas estrategias se centra la atención de los alumnos más en sus propios mecanismos de representación y simulación de la realidad mediante modelos mentales –y la consiguiente generación por su cuenta de inferencias que nunca antes habían realizado– que en la simple memorización de respuestas correctas. En la memoria a largo plazo, sin embargo, habrá que ordenar y retener para el futuro los modelos mentales que han resultado útiles, aquellos aspectos que han resultado claves para su mejora, así como los campos en que encuentran aplicación útil (Gentner, 2002).

c) Tareas realizadas por el entrevistador

Como hemos visto, el entrevistador realiza seis tareas reguladoras durante el diálogo. Puede parecer demasiado complejo, pero en la práctica no lo es, porque la atención consciente se centra sobre todo en comprender el *modelo mental* del alumno (M), es decir las cadenas de causas y efectos que razonablemente están detrás de sus respuestas, para intentar localizar ambigüedades en ellas y ponerle en la tesitura de que se pregunte y reflexione acerca de ellas (A). La constante tarea *evaluadora* de modelos mentales (M) se complementa con la función *estimuladora* (A). Estas dos tareas realizan unas funciones capitales y requieren el máximo de la atención: sin la primera no sería posible establecer si el modelo mental resulta o no satisfactorio, con lo que no sabríamos continuar; mientras que sin la segunda al alumno le faltarían estímulos para seguir adelante. Estas dos tareas, que son como dos caras de la misma moneda, absorben continuamente la mayor parte del trabajo consciente del entrevistador.

De vez en cuando, sobre todo si considera que disminuye la productividad de la tarea *evaluadora* o la *estimuladora*, se activa la tarea *conductora* (C), evaluando entonces la marcha de la conversación y la conveniencia o no de cambiar de estrategia o de tema. Son decisiones que el entrevistador toma también conscientemente, pero de forma más espaciada.

Finalmente hay otro grupo de regulaciones que, aunque no sean del todo inconscientes, no se detectaron hasta que se realizó el análisis de la transcripción. Se trata de las otras tres funciones que, junto a la conductora, realizan distintas tareas reguladoras como contribución al progreso del diálogo: la *lingüística* (L), la *física* (F) y la *social* (S), ya comentadas. A diferencia de las anteriores, su realización no suele requerir demasiado esfuerzo consciente, ya que se ejecutan con naturalidad.

Una vez realizado el recuento de las tareas realizadas (fig. 10) se comprueba que su número es muy elevado, y que en cada una de sus intervenciones el entrevistador frecuentemente realiza varias de dichas tareas, aunque no sea muy consciente de ello. También aparece con claridad que la tarea *evaluadora* (M) y la *estimuladora* (A) están muy intensamente asociadas, como era de esperar.

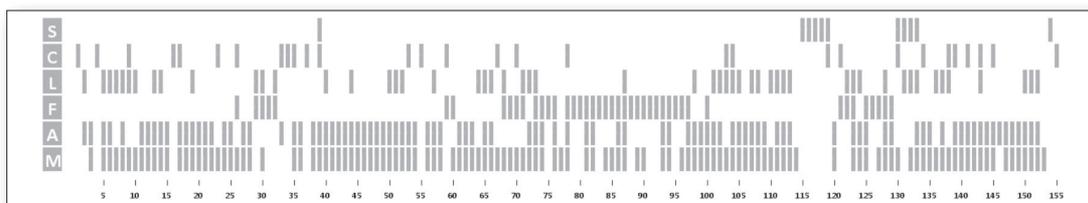


Fig. 10. Tareas realizadas por el entrevistador a lo largo de un diálogo *teachback*. En la parte inferior se muestra la numeración de las intervenciones. Las barras corresponden a la tarea indicada por el código de su izquierda: (M) análisis del modelo mental del sistema que el alumno parece construir; (A) formulación de preguntas referidas a ambigüedades encontradas en el modelo mental; (F) preparación y realización de experimentos sobre el sistema físico; (L) uso de estrategias lingüísticas; (C) conducción del diálogo; y (S) sus consecuencias sociales para el alumno.

Hay que destacar que, tanto para el entrevistador como para el alumno que realizan el diálogo *teachback*, la sensación es de naturalidad y agilidad en todo momento, como constataron ambos después del diálogo. Solo así pueden explicarse 155 intervenciones por interlocutor en 18 minutos y su productividad al analizar los sistemas propuestos y resolver con ellos, satisfactoria y científicamente, tres problemas que en absoluto resultaban obvios para el alumno.

No cabe duda de que cada modelo mental insatisfactorio para el alumno abre un problema que debe cerrar en cuanto le sea posible, porque hasta que no se resuelve no genera la emoción positiva, asociada al aprendizaje, que sirve de recompensa emocional y actúa como motivación.

Llegar por sí mismo a realizar inferencias científicamente correctas sin aportaciones externas, constituye una experiencia estimulante y emocionalmente positiva, que puede resultar decisiva para la implicación del alumno en su propio aprendizaje, sobre todo de ciencias. Parece ser un mecanismo de motivación intrínseca para el aprendizaje.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Conclusiones

En definitiva, lo que hemos podido mostrar en este trabajo, en relación con los tres objetivos planteados, en resumen es lo siguiente:

1. El modelo ONEPSI ha resultado clave para desarrollar el método de análisis y conducción de diálogos didácticos que facilitan al alumno la elaboración de inferencias científicamente válidas.

2. Los procesos producidos durante un diálogo didáctico, regulado mediante *teachback*, se han podido poner de manifiesto mediante nuestro método de análisis. Dichos procesos han resultado ser más numerosos y complejos que los que habitualmente se describen en la literatura didáctica, sin que por ello dejen de resultar naturales ni manejables para ambos interlocutores.
3. Hemos podido comprobar la utilidad de la regulación *teachback* centrada en las ambigüedades localizadas en los modelos mentales del alumno, inferidos a partir de sus explicaciones. Ha sido determinante para conseguir que este pueda superar las importantes dificultades de aprendizaje que ha encontrado, terminando por realizar razonamientos científicamente correctos; lo que justifica sobradamente, a nuestro modo de ver, el tiempo y el esfuerzo empleados. Por otra parte, también es necesaria la realización, por parte del profesor, de distintas tareas reguladoras del diálogo didáctico y la creación de un clima emocional positivo.

Perspectivas de futuro

Algunos de los temas que la investigación futura podría abordar en este campo de investigación son los siguientes:

Utilización en grupo

Los diálogos *teachback* también nos han resultado útiles entre el profesor y el grupo, con la intención de llegar igualmente a un consenso final con todos los alumnos. Los mecanismos y los resultados son muy parecidos a los obtenidos en este estudio, con la única diferencia de que el profesor debe asumir otra tarea reguladora más: gestionar la participación de todo el grupo. *¿Qué nuevos datos podrían permitir avanzar en el tema?*

Elaboración de secuencias didácticas

El éxito con el que culmina el diálogo *teachback* aquí analizado ha sido posible con una planificación adecuada de los sistemas físicos estudiados, previendo probables dificultades para los alumnos y ofreciéndoles posibles vías de solución, en una secuencia didáctica elaborada previamente por nosotros. *¿Qué características de las secuencias son las que las resultan asequibles al razonamiento de los alumnos y les facilitan su tarea de aprendizaje?*

Uso de la metacognición y del lenguaje

Después de un proceso relativamente largo de construcción del modelo científico, la realización en el aula de inferencias científicamente correctas podría indicar que la parte más ardua del trabajo de aprendizaje ya está realizada. Sin embargo, nuestra experiencia nos indica que con facilidad el alumnado puede llegar a perder de vista el trayecto realizado. Además, para el alumno solo supone entreabrir la puerta a una nueva forma de pensar, pero aún le queda por adquirir mucho más dominio del nuevo modelo científico. *¿Qué estrategias metacognitivas y lingüísticas podrían ayudar a consolidar lo aprendido?*

Finalmente

Nuestra experiencia en la utilización en clase de la técnica *teachback* nos muestra que estimula la participación del alumnado y que optimiza su esfuerzo, ya que se consigue poner al alcance de sus capacidades reales los procesos cognitivos, empíricos, lingüísticos y sociales necesarios para el aprendizaje de las ciencias y para su educación personal.

En un momento en que entre los principales problemas de la educación destaca la falta de motivación y de esfuerzo del alumnado, creemos que esta línea de investigación resulta especialmente prometedora.

AGRADECIMIENTOS

Investigación realizada en el marco del Grup LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències) financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad (referencia EDU-2015-66643-C2-1-P). El Grup LIEC forma parte del grupo de investigación consolidado LICEC (referencia 2014SGR1492).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AINSWORTH, S. y BURCHAM, S. (2007). The impact of text coherence on learning by self-explanation. *Learning and Instruction*, 17 (3), 286-303.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.02.004>
- ALIBERAS, J. (2012). *Aproximació als fonaments epistemològics i psicològics per al disseny i aplicació d'una seqüència de ciències a l'ESO*. Tesis doctoral, Barcelona: UAB.
<http://www.tdx.cat/handle/10803/117434>
- BAZDRESCH, M. (2012). La conversación educativa: un acto amoroso. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 26 (2), 75-88.
- BELLOCCHI, A. et al. (2014). Emotional climate and high quality learning experiences in science teacher education. *Journal of Research in Science Teaching*, 51 (10), 1301–1325.
<https://doi.org/10.1002/tea.21170>
- BOLTON, G. (2005). Taking responsibility for our stories: in reflective practice, action learning, and Socratic dialogue. *Teaching in Higher Education*, 10, 2, 271-280.
<https://doi.org/10.1080/1356251052000341048>
- BUNGE, M. (1959). *Causality. The place of the Causal Principle in modern Science*. Cambridge: Harvard Univ. Press.
- CHI, M. T. H. (2000). Self-explaining expository texts: The dual processes of generating inferences and repairing mental models. En: R. Glaser (Ed.) *Advances in Instructional Psychology*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. En: S. Vosniadou (Ed.) *Handbook of research on conceptual change*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- CRAIG, S. D., SULLINS, J. WITHERSPOON, A. y GHOLSON, B. (2006). The deep-level-reasoning-question effect. *Cognition and Instruction*, 24 (4), 565-591.
https://doi.org/10.1207/s1532690xci2404_4
- DE KLEER, J. y BROWN, J. S. (1981). Mental Models of physical mechanism and their acquisition. En: Anderson, J. R. (ed.) *Cognitive skills and their acquisition*. LEA. Hillsdale, NJ.
- (1983). Assumptions and ambiguities in mechanistic mental models. En: Gentner, D. y Stevens, A. L. (eds.), *Mental Models*. LEA. Hillsdale, NJ.
- DE WITT, J. y HOHENSTEIN, J. (2010). School trips and classroom lessons: an investigation into teacher–student talk in two settings. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 454–473.
<https://doi.org/10.1002/tea.20346>
- DISESSA, A. A. (2014). The Construction of Causal Schemes: Learning Mechanisms at the Knowledge Level. *Cognitive Science* 38 (5), 795–850.
<https://doi.org/10.1111/cogs.12131>

- DISESSA, A. A. (2015). *Conceptual Change in a Microcosm: Comparative Analysis of a Learning Event*. Pre-print September 2015.
- DRIVER, R., NEWTON, P. y OSBORNE, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287–312.
<https://cset.stanford.edu/sites/default/files/files/documents/publications/Osborne-Establishing%20the%20Norms%20of%20Scientific%20Argumentation.pdf>
- DUBBERLY, H. y PANGARO, P. (2009). What is conversation? Can we design for effective conversation? *Interactions*, Vol. XVI.4 – July August 2009.
- FISCHER, H. E. (1993). Framework for conducting empirical observations of learning process. *Science Education*, 77 (2), 131-151.
<https://doi.org/10.1002/sce.3730770204>
- FONSECA, B. y CHI, M. T. H. (2011). The self-explanation effect. En R. E. Mayer, & P. A. Alexander (Eds.), *The handbook of Research on Learning and Instruction*. NY: Routledge Press.
- FORBUS, K. D. (1985). The role of qualitative dynamics in Naïve Physics. En: Hobbs, J. R. y Moore, R. C. (eds.). *Formal theories of the common-sense world*. Ablex. Norwood.
- FORD, M. J. y WARGO, B. M. (2012). Dialogic framing of scientific content for conceptual and epistemic understanding. *Science Education*, 96, 369 – 391.
<https://doi.org/10.1002/sce.20482>
- FRANÇOIS, C. (ed) (2004). *International Encyclopedia of Systems and Cybernetics*. München: K. G. Saur.
- FRIJTERS, S., DAM, G. y RIJLAARSDAM, G. (2008). Effects of dialogic learning on value-loaded critical thinking. *Learning and Instruction* 18, 66-82.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.11.001>
- GENTNER, D. (2002). Mental models, Psychology of. En: N. J. Smelser & P. B. Bates (Eds.), *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*. Amsterdam: Elsevier Science.
- GUTIÉRREZ, R. (1994). *Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad. El caso de la dinámica elemental*. Tesis doctoral. Madrid: Univ. Complutense.
<http://eprints.ucm.es/tesis/19911996/S/5/S5006201.pdf>
- (2001). Mental models and the fine structure of conceptual change. En: Pintó, R. y Suriñach, S. (Eds.). *Physics Teacher Education Beyond 2000*. Paris: Elsevier.
- (2003). Conversation theory and self-learning. En: Psillos y otros (eds.) *Science research in the knowledge-based society*. Kluwer Academic Publishers.
https://doi.org/10.1007/978-94-017-0165-5_5
- (2005). Polisemia actual del concepto «modelo mental». Consecuencias para la investigación didáctica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10 (2) 209-226.
- GUTIÉRREZ, R. y OGBORN, J. (1992). A causal framework for analysing alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, 14 (2), 201-220.
<https://doi.org/10.1080/0950069920140208>
- JOHNSON, L. y JOHNSON, N. E. (1987). Knowledge elicitation involving teachback interviewing. In: Kidd, A. (ed), *Knowledge elicitation for Expert Systems*. Plenum. London.
https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1823-1_5
- JOHNSON-LAIRD, P. N. (1983). *Mental models*. Cambridge Univ. Press.
- LEMKE, J. (1993). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós (1997).
- MCNEIL, K. L. y PIMENTEL, D. S. (2010). Scientific discourse in three urban classrooms: the role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education*, 94, 203-229.
- MORTIMER, E. y SCOTT, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press.

- OBRIST, H. U. (2003). Interview with Cedric Price. En: H. U. Obrist (ed), Re:CP. Birkhäuser Publishers. Basel. Switzerland, p 69.
- PASK, G. (1975). *Conversation, cognition and learning. A cybernetic theory and methodology*. Amsterdam: Elsevier.
- (1976). *Conversation theory. Applications in education and epistemology*. New York: Elsevier.
- PIAGET, J. (1975). *L'équilibration des structures cognitives. Problème central du développement*. Paris: PUF.
- REINER, M. y GILBERT, J. K. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 22 (5), 489-506.
<https://doi.org/10.1080/095006900289741>
- ROZIER, S. y VIENNOT, L. (1991). Students' reasoning in Thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 13 (2), 159-170.
<https://doi.org/10.1080/0950069910130203>
- SCOTT, P., MORTIMER, E. y AGUIAR, O. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse. *Science Education*, 90, 4, 605- 631.
<https://doi.org/10.1002/sce.20131>
- SERRANO, T. (1992). *Desarrollo conceptual del sistema nervioso en niños de 5 a 14 años. Modelos mentales*. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones de la Universidad Complutense de Madrid.
<http://eprints.ucm.es/tesis/19911996/S/5/S5001301.pdf>
- SOLSONA, N. (1997). *L'emergència de la interpretació dels fenòmens químics*. Tesis Doctoral. Univ. Autònoma de Barcelona.
- SOLSONA, N., IZQUIERDO, M. y GUTIÉRREZ, R. (2000). El uso de razonamientos causales en relación con la significatividad de los modelos teóricos. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (1), 15-23.
- SORENSEN, R. A. (1992). *Thought experiments*. Oxford Univ. Press.
- VAN DEN BOOM, G., PAAS, F. y VAN MERRIËNBOER, J. J. G. (2007). Effects of elicited reflections combined with tutor or peer feedback on self-regulated learning and learning outcomes. *Learning and Instruction*, 17 (5), 532-548.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.003>
- VIENNOT, L. (1996). *Raisonnement en physique*. De Boeck & Larcier, Bruselas.
- WONG, M. F., LAWSON, M. J. y KEEVES, J. (2002). The effect of self-explanation training on students' problem solving in high-school mathematics. *Learning and Instruction*, 12 (2), 233-262.
[https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00027-5](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00027-5)

Introduction to a method for conducting and analysing didactic dialogues, based on the evaluation of mental models

Joan Aliberas, Rufina Gutiérrez, Mercè Izquierdo
Universitat Autònoma de Barcelona
jalibera@xtec.cat, rufina.gutierrez@uab.cat, merce.izquierdo@uab.cat

In spite of its many advantages, the school dialogue finds in practice a drawback that can be decisive: the impossibility to predict with reasonable accuracy the route that it will take, which generates insecurity among teachers, who can consider it too risky and, for that reason, non-assumable.

To overcome this problem, we have proposed in this article:

1. To develop a method of analysis and conduction of didactic dialogues that prepare the student for the execution of scientifically valid inferences using as a theoretical framework the ONEPSY model (ONtological, EPistemological, PSYchological).

This model tries to describe in detail the processes by which humans construct *mental models* of the physical systems that we consider relevant at any moment to understand reality and act effectively on it. The mental model of a system (that incorporates the *entities* that compose it, its relevant *properties* and the *functioning rules* that we are applying to it) allows us to mentally reproduce the *functioning* of that system and, therefore, to formulate *inferences* about it, without having learned them before. It also establishes precisely the conditions that impel the subject to modify it: lack of *coherence* (fails to elaborate a causal chain that he considers satisfactory), *correspondence* (the expected functioning of the system does not correspond to the actual) or *robustness* (the expected functioning for a system class is not met for some of the systems included in that class).

2. Highlight the processes occurring during a dialogue regulated by the *teachback* technique (based on the work of Pask) with a student on different aspects of elemental hydrostatics, with the possibility of performing experiments.

The interviewer asks the student, whom he considers expert in his own ideas about the world, about the functioning of a system. From his answers, the interviewer must infer the student's mental model and the *mental simulation* that it allows him to perform, as well as its *emotional result*, consequence of evaluating the *coherence*, *correspondence* and *robustness* of the mental model, as perceived by the student. The dialogue advances by focusing on the *ambiguities* in the student's discourse, who feels forced to deepen his analysis and modify his mental model when he finds it unsatisfactory. *Emotional reactions* accompany many of the moments in which a change in the evaluation of the mental model is evidenced, whether it becomes satisfactory or if it ceases to be. During the dialogue, the interviewer has performed several tasks: *evaluating* the student's mental models in the terms in which the student seems to do it; *stimulating*, when asking about ambiguities that he perceives in the mental model of the student; *conducting*, evaluating the progress of the conversation and whether or not he must change the strategy or the topic; *linguistic*, to verbally contribute to the progress of the dialogue: putting to the student's consideration a statement to approve or modify it, choosing or consciously avoiding certain ways of speaking...; *physics*, to manage the experimental interventions on the real system; and *social*, considering the social consequences of their dialogue. All the dialogue has been analysed in detail with the proposed method without generating residual data. The processes involved have proved to be more numerous and complex than those usually described in the didactic literature, without ceasing to be natural or manageable for both partners.

3. Check the usefulness of the *teachback* regulation so that the student can overcome his learning difficulties and be able to reason in a scientifically acceptable way.

During the dialogue, three long-term problems have arisen. The student has ended up by giving them a correct explanation from the scientific point of view, without the interviewer providing him information, neither directly nor indirectly. He has overcome all the difficulties that has encountered. The *teachback* dialogue has been decisive for it.

Finally, new researches are proposed in this line: the use of the *teachback* technique to regulate the dialogue with a group as well; the elaboration of didactic sequences thought to take advantage of these cognitive and emotional mechanisms; and the use of metacognition and language to consolidate what has been learned.