

# EL PAPEL DE LA CONVERSACIÓN DIDÁCTICA EN LA MODELIZACIÓN Y PROGRESIÓN DEL CONOCIMIENTO ESCOLAR: EL CASO DE LA HIDROSTÁTICA EN ESO

Joan Aliberas, Mercè Izquierdo, Rufina Gutierrez  
*Universitat Autònoma de Barcelona. España*  
jalibera@xtec.cat, Merce.Izquierdo@uab.cat, rufina.gutierrez@uab.cat

**RESUMEN:** El trabajo que presentamos se encuadra en uno más amplio: el diseño de una secuencia didáctica sobre hidrostática elemental, para alumnos de 4º curso de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) de edades comprendidas entre 15 y 16 años. La secuencia se diseñó con la hipótesis de que sería eficaz para que los alumnos, entrando en “Conversación” con ellos mismos y con el profesor, construyeran y reconstruyeran sus modelos mentales, hasta alcanzar, con las mediaciones estratégicas del profesor y expuestos a las convenientes situaciones experimentales, el conocimiento científico escolar sobre el tema, adecuado a su nivel. La parte de Conversación Didáctica que analizamos en este trabajo, realizada sobre el material diseñado en la secuencia, corrobora que el diseño ha sido eficaz para provocar las sucesivas modelizaciones y la progresión en el conocimiento escolar deseado.

## OBJETIVOS

Se trata de: 1. Determinar hasta qué punto los procesos cognitivos y emocionales que se producen en la Conversación (usamos este término en el sentido de Pask, 1975) corresponden a lo previsto en la elaboración de la secuencia. 2. Establecer cuáles son las condiciones que propician el aprendizaje del alumno durante una conversación didáctica.

## MARCO TEÓRICO

### El modelo de Actividad Científica Escolar (ACE)

Establece tanto las distintas dimensiones que caracterizan a la actividad de los científicos como sus principales características filosóficas (Izquierdo *et al.*, 1999; Izquierdo y Aliberas, 2004), todo ello adaptándolo a las capacidades reales de los alumnos. Así, la ACE debe poner al alumnado a realizar –con sentido– acciones en cada una de las dimensiones (fig. 1) de la actividad científica, con especial atención a la conexión de los modelos mentales con los sistemas físicos.

## El modelo ONEPSI

Describe con precisión el proceso por el cual los humanos construimos modelos mentales de los sistemas físicos, los reconstruimos si no nos resultan satisfactorios, y los usamos para inferir el comportamiento real de los sistemas (Gutierrez, 1994 y 2001).

En este proceso mental (fig. 2) primero se recogen las entidades y propiedades que creemos útiles para explicar el funcionamiento del sistema, posteriormente se intentan conectar causas y efectos de manera coherente, y finalmente se “ejecuta” el modelo para comprobar su funcionamiento y ver si coincide o no con la realidad.

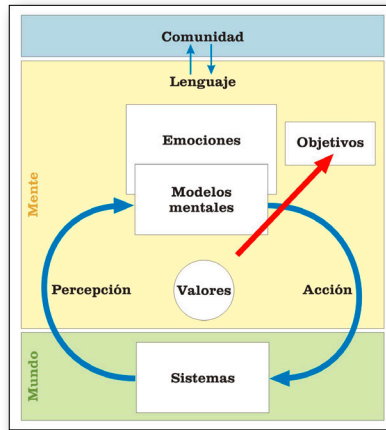


Fig. 1. Representación simplificada de las dimensiones de la actividad científica y su relación mutua.

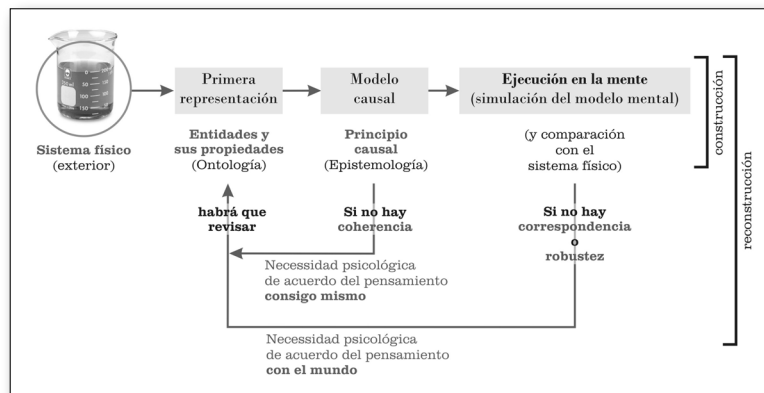


Fig. 2. Funcionamiento del proceso de construcción y reconstrucción de modelos mentales, según el modelo ONEPSI (adaptado de Gutierrez, 2001). (Recoge condicionantes ONtológicos, EPistemológicos y PSicológicos, de ahí el nombre del modelo).

La falta de *satisfacción* del alumno con su propio modelo mental de un sistema le supone un problema tanto cognitivo como emocional. La *insatisfacción* se produce cuando:

- le resulta imposible conectar causas y efectos para comprender el funcionamiento del sistema (falta de *coherencia* del modelo mental con respecto al *principio causal*)

- b) el resultado de la ejecución del modelo mental no coincide con el comportamiento real del sistema (falta de *correspondencia*), o
- c) el modelo mental de un sistema no explica sus comportamientos imprevistos o los de otros sistemas parecidos (falta de *robustez*) (fig. 3).

## METODOLOGÍA

Se realizó un análisis de una secuencia de elaboración propia sobre hidrostática para cuarto de ESO, evidenciando que cada sistema que se proponía tenía otros sistemas conocidos por los alumnos en los cuáles basar la construcción de su modelo mental, y que servían para generar –intencionadamente– determinadas insatisfacciones con respecto a algunos modelos mentales habituales de los alumnos; insatisfacciones que debían ser solucionadas por una ruta previsiblemente viable para los alumnos.

Posteriormente se mantuvo una Conversación de 18 minutos de duración con un alumno de Física y Química de cuarto de ESO siguiendo parte de la secuencia analizada. Para gestionarla se utilizó la técnica *teachback* (Pask, 1975) adaptada por Gutiérrez (1994) para la investigación didáctica y la enseñanza: el profesor pregunta al alumno por el funcionamiento de un sistema; el profesor escucha su explicación, intentando deducir de la misma el modelo mental utilizado por el alumno y evaluando su funcionamiento; cuando el profesor percibe alguna ambigüedad en el discurso del alumno, le pregunta por ella; de vez en cuando el profesor le cuenta lo que ha entendido y el alumno asiente o rectifica; hasta que se alcanza un consenso sobre lo que piensa el alumno y lo que entiende el profesor.

Con este análisis se ha pretendido comprender la dinámica de la Conversación; los motivos que mueven al alumno a reconstruir sus modelos mentales y su relación con los estados emocionales que va experimentando durante la Conversación, así como el ritmo de aprendizaje que todo esto provoca. (Para una relación completa, ver Aliberas, 2012).

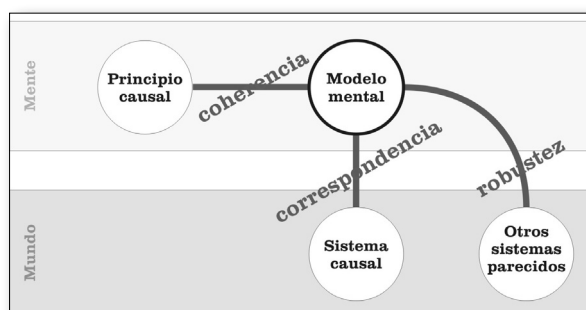


Fig. 3. Características de un modelo mental satisfactorio según el modelo ONEPSI: coherencia, correspondencia y robustez.

## RESULTADOS

Una vez transcrita y analizada la Conversación (tabla 1) puede constatarse cómo la reflexión del profesor, indicada en la tercera columna, consta de 6 tareas que recorren todas las dimensiones de la ACE, agrupadas en tres grandes funciones:

### Evaluadora

(M) Inferir y evaluar el *modelo* mental del alumno a partir de sus explicaciones. Los resultados se recogen de forma sintética en la última columna.

## Estimuladora

(A) Descubrir *ambigüedades* en el modelo mental inferido a partir de las explicaciones del alumno, posibilitando que el profesor pueda preguntar por ellas y constituyendo un estímulo para que el alumno intente reconstruirlo y mejorarlo.

## Reguladora

(C) Evaluaciones y decisiones sobre la *conducción* de la Conversación.

(L) Contribuciones *lingüísticas* a la marcha de la Conversación; por ejemplo, poner a consideración del alumno un enunciado para que lo apruebe o no, repetir lo que ha dicho el alumno (“eco”), escoger formas de hablar...

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

(S) Considerar las consecuencias *sociales* de la propia Conversación.

Como muestra la tabla anterior, la primera insatisfacción (12A) se resuelve rápidamente (13A) pero no de forma definitiva, ya que el alumno no sabe encontrar la causa de la diferencia de fuerzas hacia arriba y hacia abajo (15A). Por ello dejará abierto el problema hasta que es resuelto definitivamente, y de forma científicamente correcta, en la intervención 113A (problema 2 de la tabla 2).

Tabla 1.

Análisis de un fragmento de la Conversación entre un profesor, P, y un alumno, A, Conversación constituida por 155 intervenciones por interlocutor (aquí sólo se muestra desde la intervención 9 del profesor hasta la 15 del alumno). En la segunda columna se indican en negrita las intervenciones del profesor dirigidas a aclarar ambigüedades. En la tercera columna se recogen los razonamientos del entrevistador, indicando en negrita las funciones evaluadora (M) y estimuladora (A), especialmente importantes. En la última columna se indican las evaluaciones de coherencia (COH), correspondencia (COR) i robustez (ROB) y su carácter satisfactorio (+) o insatisfactorio (-); acto seguido se indican las relaciones entre propiedades del modelo mental, de forma que unas acaban provocando las otras, separándolas por una flecha (“”).

Inter- vención	Conversación	Análisis de la respuesta (M), detección de ambigüedades (A) y generación de la réplica	Resultado emocional y razonamiento del alumno
9P	Cuando 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 intentará 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 <b>(M)</b> . Eco (L).	COR+ P hacia arriba “disminución del peso
10P	Que pese menos.		

Intervención	Conversación	Análisis de la respuesta (M), detección de ambigüedades (A) y generación de la réplica	Resultado emocional y razonamiento del alumno
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)
11P	Sí, antes ya me lo has dicho que hacía fuerza hacia arriba, pero también me has dicho que hacía fuerza hacia abajo.		
12A	Ya ( <i>rie</i> ), eso sí. Es que.../	Se da cuenta de que no le cuadra y se <i>rie</i> : 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”
12P	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).	COR+ F pequeña hacia abajo y F mayor hacia arriba “menos peso” COH+ Puede haber F hacia arriba y hacia abajo y perder peso
13P	¿Hacia arriba...?		
14A	Hace más fuerza...	Lo completa de forma coherente (M). Afirmación por confirmar (L).	(el mismo modelo mental)
14P	Que hacia abajo.		
15A	O es que... No sé cómo explicarlo...	La falta de respuesta la interpretamos como confirmación (M). Dudas sobre el motivo de esta diferencia de fuerzas (M).	COH- ¿causa? “F pequeña hacia abajo y F mayor hacia arriba”

Tabla 2.

Síntesis de las intervenciones que implican alguna inferencia en relación a la resolución del problema número 2. Las flechas indican que el problema no se halla todavía completamente resuelto.

Intervención	Inferencia satisfactoria	Inferencia insatisfactoria	Problema pendiente de solución	Descripción
12		COH-	2 ini	El agua le hace fuerza hacia arriba y hacia abajo
13	COR+		2 ↓	El agua hace más fuerza hacia arriba que hacia abajo
96		ROB- COR-	2 ↓	Fuerza igual en todas direcciones / Pelota: per encima y por debajo
101	COR+		2 ↓	Misma presión en todas direcciones
104		ROB-	2 ↓	Presión igual en todas direcciones / Deformación desigual de la pelota
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

A lo largo de la Conversación han surgido cinco problemas, dos de los cuales se han resuelto inmediatamente mientras que los otros tres han requerido decenas de intervenciones profesor–alumno,

incluyendo experimentaciones con sistemas físicos y el estudio de otros sistemas, para llegar a resolverse correctamente (fig. 4).

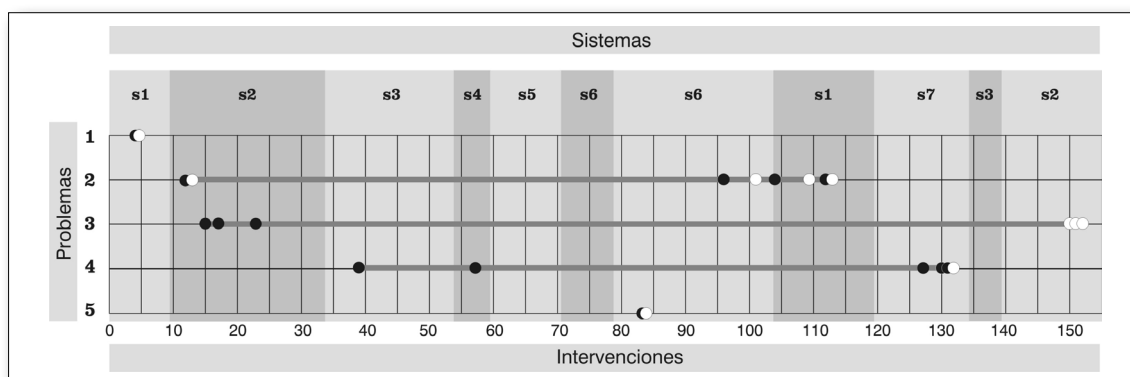


Fig. 4. Evolución de los cinco problemas (1: contradicción con otro profesor. 2: ¿cuál es la dirección de la presión dentro del agua? 3: ¿por qué parece pesar menos dentro del agua? 4: ¿cómo afecta una cueva a la presión? 5: ¿cómo hacer el experimento?) Se indican con círculos negros las evaluaciones insatisfactorias del modelo mental, y con blancos las satisfactorias.

## CONCLUSIONES

1. ¿Hasta qué punto los procesos cognitivos y emocionales que se producen en la Conversación corresponden a lo previsto en la elaboración de la secuencia?

En el diseño de la secuencia se prevén conscientemente modelos mentales insatisfactorios así como alguna vía para resolverlos, con el consiguiente aprendizaje. Al compararlos con los resultados de la Conversación (fig. 5) puede verse que todas las insatisfacciones esperadas se han producido, más tarde o más temprano, acompañadas de otras no esperadas pero resueltas con rapidez. Las insatisfacciones han sido la motivación intrínseca de las reconstrucciones de los modelos mentales del alumno, y todas ellas han terminado resolviéndose de forma científicamente correcta.

2. ¿En qué condiciones el alumno aprende durante una Conversación didáctica?

Ante cada sistema propuesto el alumno ha construido su propio modelo mental con el cual puede realizar inferencias. Cuando en él percibe falta de coherencia, de correspondencia o de robustez, lo valora insatisfactoriamente generando la necesidad de reconstruir su modelo hasta que resulte satisfactorio.

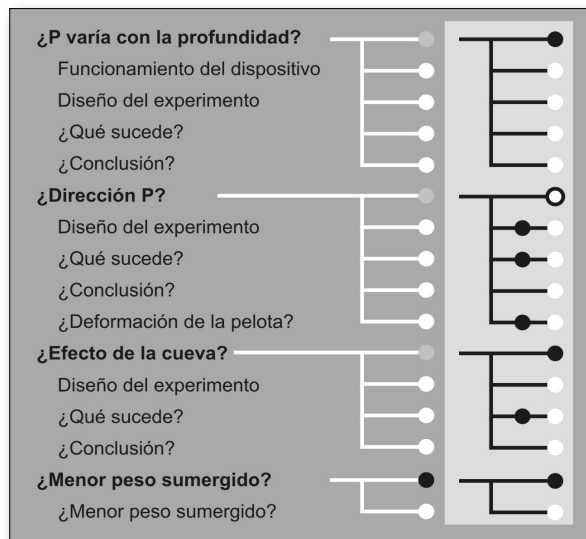


Fig. 5. Comparación de los procesos cognitivos y emocionales previstos en el diseño de la secuencia (líneas blancas) con los realmente seguidos durante la Conversación (líneas negras). Cada círculo blanco representa una evaluación satisfactoria del modelo mental, los negros insatisfactoria, y los grises potencialmente insatisfactorios porque el resultado concreto depende de los alumnos. (El único círculo blanco rodeado de negro indica una evaluación satisfactoria por parte del alumno pero científicamente incorrecta; posteriormente generó problemas que se solucionaron correctamente).

En este proceso tienen un papel importante las evaluaciones que el profesor realiza del modelo mental del alumno para dirigir la Conversación hacia las ambigüedades que percibe en su discurso, y conducir las sucesivas reconstrucciones hasta llevarle al aprendizaje deseado.

3. Como hemos visto anteriormente, también son precisas otras regulaciones por parte del profesor.

## IMPLICACIONES FUTURAS

- Sería interesante demostrar que también es posible conducir la construcción y reconstrucción de modelos, mediante las técnicas de la Conversación Didáctica realizada con toda la clase, añadiendo a las tareas reguladoras descritas la de gestión del grupo.
- También pensamos que serían necesarias nuevas investigaciones para diseñar secuencias válidas y para formar al profesorado en estas técnicas de diseño de secuencias y conducción de conversaciones didácticas con la técnica *teachback*.

## AGRADECIMIENTOS

Investigación realizada en el marco del grupo LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències), grupo de investigación consolidado (referencia 2009SGR1543) por AGAUR (Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca) y financiada por la Dirección General de Investigación, Ministerio de Educación y Ciencia (referencias EDU-2009-13890-C02-02 y EDU-2012-38022-C02-02)

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliberas, J. (2012). *Aproximació als fonaments epistemològics i psicològics per al disseny i aplicació d'una seqüència de ciències a l'ESO*. Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona: <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1003776>
- Gutierrez, R. (1994). *Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad. El caso de la dinámica elemental*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense: <http://eprints.ucm.es/tesis/19911996/S/5/S5006201.pdf>
- Gutierrez, R. (2001). Mental models and the fine structure of conceptual change. En: Pintó, R. and Suriñach, S. (Eds.) *Physics Teacher Education Beyond 2000*, Paris: Elsevier, p. 35-44.
- Izquierdo, M. y Aliberas, J. (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències. Per un ensenyament de les ciències racional i raonable*. Barcelona: Servei de Publicacions de la UAB.
- Izquierdo, M., Espinet, M., Garcia, M.P., Pujol, R.M. y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra: "Aportación de un modelo cognitivo de ciencia a la enseñanza de las ciencias", p. 79-91.
- Pask, G. (1975). *Conversation, cognition and learning*. Amsterdam: Elsevier.