



## ***EL ROL DE LAS PERTURBACIONES EN EL GRADO DE PERSISTENCIA DE LAS CONCEPCIONES***

Alicia Benarroch  
Universidad de Granada  
Nicolás Marín  
Universidad de Almería

### **1. ESTATUS ACTUAL DEL MOVIMIENTO DE LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS**

Las concepciones de los alumnos han ocupado un lugar preferente en las investigaciones en didáctica de las ciencias durante los últimos 25 años. Sin embargo, en la última década, se ha detectado una ausencia de progresión considerable que se manifiesta en que los nuevos datos parecen reiterar los anteriores (Millar, 1989; Strike y Posner, 1990; Hewson, 1990; Jiménez Gómez y otros, 1997). El optimismo del paradigma emergente y de un marco de partida consensuado (Novak, 1988; Linn, 1987) parece estar desvaneciéndose y dando paso a una línea crítico-constructiva que se replantea los fundamentos teóricos y la metodología generalmente utilizada en sus trabajos. Los aspectos fundamentales de este movimiento renovador podrían sintetizarse, a nuestro juicio, en:

- Desplazamiento del interés por concepciones, ideas previas, etc. hacia modelos y esquemas más cercanos a la competencia del sujeto en un área específica del conocimiento. Se empieza a reconocer, por tanto, una cierta consistencia entre las respuestas de los sujetos, y se buscan las regularidades o las comunalidades entre distintas actuaciones particulares.
- Replanteamiento metodológico fundamentado en la sustitución de los cuestionarios de lápiz y papel por entrevistas o diálogos semiestructurados con claras intenciones metacognitivas, donde se busca que el alumno compare sus primeras declaraciones con los datos empíricos o con las realizadas por un igual, el profesor o una información escrita y que se responsabilice de los cambios que, en su caso, pudieran tener lugar.
- Preocupación por una fundamentación teórica más allá del pragmatismo e inductivismo que caracterizaron a las primeras investigaciones en

esta línea. La ausencia de marco teórico ha sido denunciada reiteradamente como una de las causas que la podría abocar al fracaso (Gil, 1994; Moreira, 1994; Marín, 1994; Sebastián, 1989). Debería ser capaz de explicar los datos empíricos acumulados hasta el momento, que muestran un grado intermedio de homogeneidad/heterogeneidad en el pensamiento del alumno.

En esta línea renovadora, se inserta este trabajo que aporta una reflexión crítica sobre la persistencia de las concepciones.

## 2. OBJETIVO DEL TRABAJO: ¿PERSISTENCIA O EVOLUCIÓN DE LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS?

Uno de los rasgos comúnmente asumidos en nuestro ámbito es la aceptación de que las concepciones de los alumnos tienen carácter persistente. Les aporta robustez y justifica su importancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Una concepción es persistente si se manifiesta en alumnos de distintas edades y, además, se mantiene después del aprendizaje.

Sin embargo, a pesar de esta afirmación, ya desde hace relativamente cierto tiempo, algunos autores (Driver, 1988; Driver y otros, 1994) han planteado *la necesidad de comprender la secuencia evolutiva del pensamiento de los niños* para dilucidar si los resultados netos de los alumnos que parecen similares a distintas edades o después del proceso de enseñanza y aprendizaje se deben a un problema metodológico, pues podrían estar ocultando razonamientos cada vez más sofisticados. En esta forma de proceder, entendemos que hay una implícita resistencia a admitir la significación de concepciones persistentes.

En este trabajo trataremos de mostrar, avalados por estudios empíricos recientemente realizados (Benarroch, 1998), que buena parte de la persistencia de las concepciones es una consecuencia de un tipo de metodología que da importancia a las primeras respuestas emitidas por el sujeto ante una situación física. Si, por el contrario, **se permite que el alumno corrija sus primeras respuestas, las segundas, terceras y sucesivas reacciones son menos persistentes y por tanto más discriminatorias** de sus potencialidades cognoscitivas.

Dicho de otro modo, pensamos que el enfoque de las concepciones alternativas no ha realizado suficiente distinción entre los ámbitos de actuación y de competencia de los sujetos (Pozo y otros, 1991), entendidos respectivamente como lo que hacen y dicen espontáneamente ante una situación concreta y las estructuras que hacen posible su aparición, modificación y cambio. Nuestra hipótesis es que la persistencia de las concepciones podría ser una característica

más cercana a la actuación, fuertemente influida por los factores percibidos de las tareas. La competencia, por el contrario, va más allá de las apariencias y mostraría que el conocimiento del alumno va evolucionando.

### 3. UNA FORMA DE ESTUDIAR LA PERSISTENCIA O LA EVOLUCIÓN EN EL PENSAMIENTO DE LOS ALUMNOS: RESPUESTAS ANTES Y DESPUÉS DE PERTURBACIONES

Consideramos que el conocimiento del alumno -sus esquemas cognoscitivos, responsables de su competencia- es inalcanzable y que sólo puede ser modelizado a través de sus manifestaciones observables, actuaciones, reacciones verbales, producciones icónicas, etc., a las que denominaremos genéricamente respuestas.

Habría que partir por tanto de que las respuestas de los alumnos pueden ser significativas y no significativas, considerando entre estas últimas a todas las de compromiso, inventadas o de azar que el sujeto pudiera dar, por problemas cognoscitivos y/o afectivos, y que poco o nada dirían acerca de sus esquemas de conocimiento. En general, cuanto mayor sea el grado de implicación cognoscitiva del sujeto, más significativa resultará su respuesta.

La teoría piagetiana pone de manifiesto que las perturbaciones pueden poner en juego los esquemas cognoscitivos de los sujetos en toda su extensión. Las *perturbaciones* son las resistencias que encuentran los esquemas para ejercer su capacidad asimiladora. Dichas resistencias pueden proceder de los mismos hechos o situaciones que se intenta asimilar con los esquemas, de una descoordinación deficiente de los propios esquemas, o bien, por último, de una deficiente integración de los esquemas en totalidades organizadas que acaba provocando contradicciones (Piaget, 1978). Una clase particular de perturbaciones son las *lagunas*, que se producen cuando los objetos a asimilar son de una naturaleza tal que los esquemas disponibles resultan, no ya inadecuados, sino incompletos.

Concretamente, Piaget sintetiza en tres las conductas principales a las que pueden conducir las perturbaciones introducidas en un sistema (Piaget, 1978):

- **Conducta tipo Alfa:** la compensación toma la forma de simple negación o rechazo de la perturbación. Ésta es anulada despreciándose sin más. También se presentan estas conductas a veces como modificaciones introducidas por el sujeto en sentido inverso a la perturbación; así, el niño empezará afirmando que el alargamiento de la bola de arcilla conlleva un incremento de su peso, hasta que llegará a un punto en el que el grado de adelgazamiento provocará la afirmación de que el peso

ha disminuido; vemos, pues, cómo en este caso las compensaciones son de hecho modificaciones en sentido contrario a las perturbaciones y el niño oscilará constantemente entre ambas respuestas.

- **Conducta tipo Beta:** consiste en integrar la perturbación en el sistema, que se ve de este modo abocado a una reorganización; puede hablarse ya aquí de una verdadera neutralización del elemento perturbador que implica un cambio del sistema. Por ejemplo, el adelgazamiento de la bolita se hace solidario con su alargamiento y deja de constituir una perturbación al integrarse como un elemento más del sistema.
- **Conducta tipo Gamma:** es una conducta de tipo superior que consiste en anticipar las variaciones posibles, que en consecuencia pierden, en calidad de sus previsiones y deducciones, la característica de perturbaciones y vienen a insertarse en las transformaciones virtuales del sistema. En nuestro ejemplo, mentalmente alcanzamos la capacidad de prever las deformaciones imprimidas a la bola de arcilla.

Por tanto, la conducta de los sujetos ante las perturbaciones mide el grado de madurez de sus esquemas asimiladores. Esto sugiere que las respuestas obtenidas después de perturbaciones (*r-poste*) deberían ser más significativas -mejores reflejos de su competencia- que las emitidas antes de las mismas (*r-ante*). Esto es, siguiendo con la línea argumental de la introducción, las *r-ante* se sitúan más cercanas a la actuación y las *r-poste* más cercanas a la competencia.

Lo anterior pone de manifiesto que una forma de contrastar la hipótesis de este trabajo -la persistencia es consecuencia de tomar en cuenta las primeras respuestas de los sujetos- podría ser comparando la capacidad discriminativa de las *r-ante* con la de *r-poste*.

#### 4. UN EJEMPLO EMPÍRICO EN EL ÁREA DE LA NATURALEZA CORPUSCULAR DE LA MATERIA

En un trabajo reciente que intenta conocer la evolución del pensamiento del alumno sobre la naturaleza corpuscular de la materia (Benarroch, 1998), se planteó un diseño experimental fundamentado en entrevistas individuales. El contenido de las entrevistas se estructuró en tareas estratégicamente seleccionadas:

Tarea 1: Disolución de soluto granular en agua

Tarea 2: Disolución de dos líquidos (alcohol y agua) con reducción visible de la altura.

Tarea 3: Compresibilidad del aire.

Para cada una de ellas se diseñaron contrapruebas con el fin de crear perturbaciones que permitían comparar resultados previstos con los empíricos y realizar reglajes retroactivos en función de dichos resultados:

- a) Para la tarea de la disolución (Tarea 1), la adición de pequeñas cantidades de soluto coloreado al agua, sin cambios apreciables en el color de la disolución (¿dónde está la gota del soluto coloreado?, ¿cómo es posible que el agua no se vea amarilla?).
- b) Para la tarea de la mezcla de alcohol y agua (Tarea 2), la disminución del volumen total y la comprobación empírica de la conservación del peso, aún después de observar que la altura ha disminuido.
- c) Para la compresión del aire (Tarea 3), la observación experimental de la alta compresibilidad del aire en una jeringa (Nussbaum y Novick, 1981) y su contraste con la del agua.

La muestra de alumnos estuvo formada por 43 sujetos de distintas edades (9-22 años) y de distintas capacidades. Las respuestas de los sujetos a un ítem o conjunto de ítems de contenido común fueron categorizadas y jerarquizadas dando lugar a una variable. De este modo, se definieron un total de 25 variables. En este trabajo, nos centraremos en 6 de ellas correspondientes a 3 parejas de categorías de respuestas antes y después de las contrapruebas diseñadas. La descripción de las variables puede verse en la tabla 1.

VARIABLE	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	S_ANTES	Dibujos y significados dados por los alumnos a la disolución de acuarela amarilla en agua cuando la coloración resultante es amarilla
2	S_POSTE	Dibujos y significados dados por los alumnos a la disolución de acuarela amarilla en agua cuando la coloración resultante es amarilla
3	L_ANTES	Previsiones sobre el peso y la altura realizadas por los alumnos al agitar un tubo estrecho con alcohol y agua
4	L_POSTE	Imagen del agua y del alcohol derivada de la necesidad de explicar el aumento de la concentración
5	G_ANTES	Previsiones sobre la constitución del aire después de jugar con la jeringa y comprobar su compresibilidad
6	G_POSTE	Explicaciones sobre la constitución del aire y del agua después de experimentar sus distintas compresibilidades

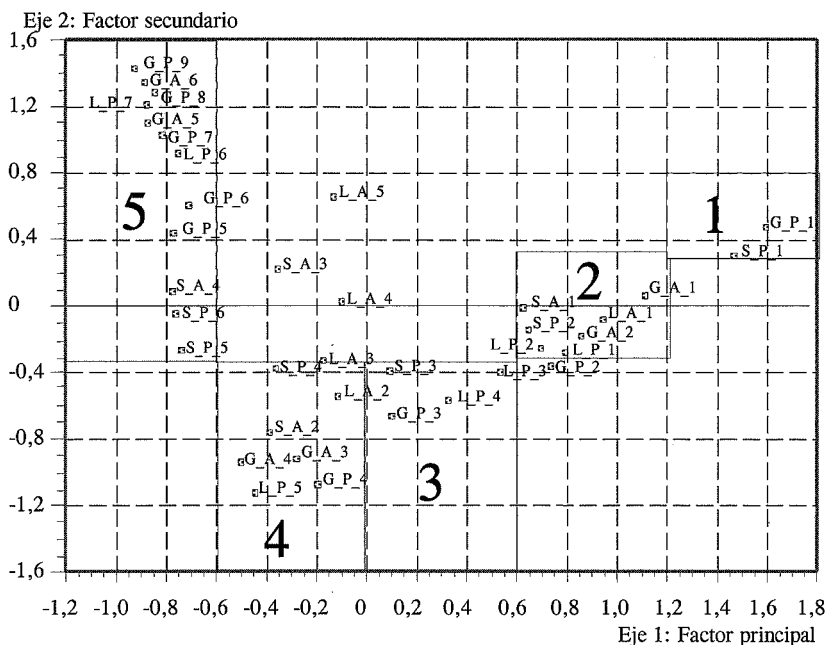
*Tabla 1. Variables referidas y descripción de las mismas*

En un principio, cada una de estas variables tenía el número de categorías al que nos había conducido el procedimiento empírico de agrupación de respuestas de los alumnos. Así, la variable S\_ANTES tenía tan solo 4, mientras que G\_POSTE alcanzaba hasta 9 grupos de respuestas que, inductivamente, nos habían parecido suficientemente diferentes como para ser discriminadas. Sin embargo, desconocíamos la validez del sistema categorial construido. Podía

contener inversiones, esto es, categorías que deberían estar dispuestas en orden contrario. También podía contener agrupamientos, esto es, categorías que representaran el mismo estatus cognoscitivo. Y, quizás lo que es más grave, podría llevarnos a construir una falsa evolución del conocimiento sobre la naturaleza corpuscular de la materia (objetivo último del trabajo) si las categorías construidas no eran realmente evolutivas y equidistantes.

Se hacía necesario proceder a una recategorización que tuviera más validez y fiabilidad, que respondiera a ciertos condicionamientos métricos de manera tal que las distancias cognoscitivas entre categorías adjuntas fueran equivalentes. Esto se pudo hacer gracias a técnicas estadísticas multivariantes. Especialmente útil fue el análisis de correspondencias.

Como se sabe, el análisis de correspondencias muestra las relaciones entre las categorías de las variables por sus distancias en el espacio gráfico. En la figura 1 se han proyectado las categorías de las seis variables mencionadas en este trabajo, cuyos nombres aparecen más abreviados por falta de espacio. En esta gráfica, además de las proyecciones de las categorías de las variables que nos ocupan, se han sombreado cinco rectángulos del espacio gráfico. Son las áreas ocupadas por un máximo número de categorías de las 25 variables del estudio. Se vio la oportunidad de crear una categorización estructural utilizando para ello la ubicación dentro del espacio gráfico. Así, por ejemplo, si elegimos la variable G\_POSTE, con nueve categorías denominadas G\_P\_X (con valores de X desde 1 hasta 9), se observa que la distancia gráfica entre las cuatro primeras categorías es mayor que la existente entre las cinco últimas, que quedan ubicadas dentro del quinto rectángulo. La categorización estructural resulta de agrupar las categorías empíricas que se ubiquen dentro del mismo rectángulo gráfico. Por tanto, continuando con esta variable, la quinta categoría estructural contendrá las cinco últimas categorías originales. Las nuevas categorías obtenidas (categorías estructurales) tienen la ventaja sobre las primeras de responder a unos distanciamientos con mayor carácter métrico.



**Figura 1.** Proyecciones de las categorías de las seis variables consideradas en este trabajo sobre el plano formado por los dos ejes principales del análisis de correspondencias.

Como resultado de este proceso, el ámbito cognoscitivo representado por la muestra de sujetos resultaba dividido en cinco grupos o intervalos para todas las variables. En la tabla 2 se enumeran los sujetos por intervalo para cada una de las variables consideradas en este trabajo. Así, la variable S\_ANTES ( $r_1$ -ante) sólo divide los 43 sujetos en 3 intervalos, dejando el intermedio y el superior vacíos. En cambio, S\_POSTE ( $r_1$ -poste) llena los cinco intervalos, aunque algunos de ellos resulten escasamente representados (el superior tiene tan solo 1 sujeto). La variable de previsión L\_ANTES ( $r_2$ -ante) tiene tan solo dos intervalos ocupados. La correspondiente  $r_2$ -poste, L\_POSTE, llena 4 intervalos. Por último, si la variable G\_ANTES ( $r_3$ -ante) tiene sujetos en tres intervalos, la correspondiente de explicación, G\_POSTE ( $r_3$ -poste), no solo tiene sujetos en todos ellos sino que además resultan suficientemente representados (el número inferior de sujetos por intervalo es de 5).

VARIABLE	Nº DE SUJETOS POR INTERVALO
S_ANTES ( $r_1$ -ante)	0-16-0-23-4
S_POSTE ( $r_1$ -poste)	1-13-3-21-5
L_ANTES ( $r_2$ -ante)	0-5-0-38-0
L_POSTE ( $r_2$ -poste)	0-19-5-6-13
G_ANTES ( $r_3$ -ante)	0-17-0-14-12
G_POSTE ( $r_3$ -poste)	8-5-6-9-15

*Tabla II. Capacidad de discriminación de las variables referidas*

En definitiva, se puede concluir que las variables construidas después de las contrapruebas, frente a las construidas antes de las mismas, **se caracterizan por tener mayor capacidad discriminatoria**. Esto se puede comprobar al comparar S\_ANTES con S\_POSTE, L\_ANTES con L\_POSTE, G\_ANTES con G\_POSTE. Las primeras se caracterizan por quedarse en la primera respuesta que da el sujeto a una cuestión planteada, mientras que en las segundas, esa respuesta se ve enriquecida por el contraste de sus manifestaciones iniciales con los datos empíricos, esto es, por intentar evitar contradicciones entre ideas y datos. Podemos concluir que las *r-poste* activan los esquemas cognoscitivos de los alumnos en mayor extensión que las *r-ante*.

## 5. CONCLUSIONES

Hemos comprobado que las variables construidas sobre la categorización de las respuestas de los entrevistados ante ítems que requieren sólo algún tipo de previsión tienen una capacidad de discriminación baja. En cambio, las variables que han sido configuradas en base a la categorización de respuestas del sujeto donde se le ha requerido comparar sus declaraciones iniciales con los datos empíricos, distinguir los factores más significativos, buscar una explicación coherente con los datos, evitar contradicciones entre ideas y datos, etc. son más completas y tienen una capacidad de discriminación alta.

Generalizando, podríamos concluir que cuanto mayor sea la activación de los esquemas de los sujetos, mayor será la probabilidad de que sus respuestas sean significativas, esto es, que reflejen fielmente el bagaje cognoscitivo del sujeto. Esas respuestas serán por tanto discriminatorias de las potencialidades cognoscitivas. Por el contrario, cuanto más espontánea y menos reflexiva sea la respuesta del sujeto, más persistencia se obtendrá en los resultados. Lo anterior nos lleva a plantear una duda razonable sobre el carácter persistente de las concepciones alternativas: el problema de la estabilidad o persistencia de las concepciones a lo largo de períodos dilatados de edad y de enseñanza, podría derivar



de los instrumentos utilizados para analizarlas. Esos instrumentos son, fundamentalmente, cuestionarios de lápiz y papel, que se suelen quedar en la primera respuesta que da al sujeto. Esta respuesta es, efectivamente, poco discriminante entre los alumnos, tanto menos en cuanto la cuestión planteada queda lejos del conocimiento del alumno, dando lugar a la aparente persistencia de concepciones. Sin embargo, si se da oportunidad al sujeto para poner a prueba sus primeras ideas, o, lo que es equivalente, si se le permite poner en juego todo su bagaje cognoscitivo, se comprueba que las respuestas construidas son mucho más discriminatorias, por estar más relacionadas con su competencia cognoscitiva. En este caso, ya no se puede hablar de persistencia de concepciones, sino de evolución del conocimiento.

Probablemente, una pregunta realizada por un profesor experto en dos aulas de edades muy diferentes ofrezca respuestas similares. Sin embargo, ese profesor sabe también que el rendimiento en el aprendizaje, esto es, el estatus cognoscitivo final en relación al tiempo invertido, es mayor para los alumnos de más edad. De hecho, no se le ocurriría aplicar diseños de enseñanza-aprendizaje equivalentes. Sin embargo, las respuestas iniciales pudieron serlo. Entonces, ¿qué tipo de información requiere ese profesor para el diseño de su enseñanza?, ¿le resulta suficiente saber que las "concepciones espontáneas" relacionadas con ese contenido son las que son y que además son persistentes?. Definitivamente no. Por el contrario, pediría conocer las diferencias entre las potencialidades cognoscitivas de los respectivos niveles de alumnos para fundamentar sus intervenciones didácticas. Intentar alcanzar diferencias, discernir entre competencias cognitivas, requiere de metodologías que activen los esquemas de conocimiento de los sujetos. Las técnicas de lápiz y papel no dan mucha oportunidad al alumno para expresar todo lo que sabe sobre la temática que es objeto de estudio; sin embargo, la dinámica de la entrevista individual le ofrece un frente más amplio para interactuar con las cuestiones planteadas, dándole más oportunidad a manifestar su bagaje cognoscitivo.

## REFERENCIAS

- BENARROCH, A. 1998. Las explicaciones de los estudiantes sobre las manifestaciones corpusculares de la materia. Descripción, análisis y predicción de características y dificultades. Tesis doctoral inédita. Universidad de Granada.
- DRIVER, R. 1988. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 109-120.
- DRIVER, R., LEACH, J., SCOTT, P. Y WOOD-ROBINSON, C. 1994. Young people's understanding of science concepts: implications of cross-age studies for curriculum planning. *Studies in Science Education*, N°24, pp. 75-100.

- GIL, D. 1994. Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 154-164.
- HEWSON, P.W. 1990. La enseñanza de "fuerza y movimiento" como cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), pp. 157-171.
- JIMÉNEZ GÓMEZ, E., SOLANO, I. Y MARÍN, N. 1997. Estudio de la delimitación de la progresión de las "ideas" del alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), pp.309-328.
- LINN, M.C. 1987. Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Education*, 24(3), pp. 191-216.
- MARÍN, N. 1994. *Evolución de los esquemas explicativos en situaciones de equilibrio mecánico*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- MILLAR, R. 1989. Críticas constructivistas. *International Journal of Science Education*, 11(5), pp. 587-596.
- MOREIRA, M.A. 1994. Diez años de la revista "Enseñanza de las Ciencias": de una ilusión a una realidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 147-153.
- NOVAK, J.D. 1988. Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), pp. 213-233.
- NUSSBAUM, J.Y NOVICK, S. 1981. Brainstorming in the classroom to invent a model: a case study. *School Science Review*, 62(221), pp. 771-778.
- PIAGET, J. 1978. *La equilibración de las estructuras cognitivas, "Problema central del desarrollo"*. (Siglo XXI, Madrid).
- POZO, J.I. Y OTROS. 1991. *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. (Servicio de Publicaciones del MEC, Madrid)
- SEBASTIÁ, J.M. 1989. El constructivismo: un marco teórico problemático. *Enseñanza de las Ciencias*. 7(2), pp. 158-161.
- STRIKE, K.A. Y POSNER, G.J. 1990. *A revisionist theory of conceptual change*. En R. Duschl y R. Hamilton (eds). *Phylosophy of Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice*. (Suny Press, Nueva York).