

**UN PUNTO DE VISTA “ALTERNATIVO” SOBRE LAS “CONCEPCIONES ALTERNATIVAS”.  
LOS MECANISMOS DE EXPLICACIÓN EN EL CASO DE LA NATURALEZA CORPUSCULAR  
DE LA MATERIA.**

FERNANDO FLORES CAMACHO, ALEJANDRA GARCÍA FRANCO, EDUARDO VEGA MURGUÍA

**Introducción**

Las ideas de los estudiantes acerca de los conceptos científicos han sido consideradas fundamentales para la enseñanza de las ciencias desde hace ya más de tres décadas (Driver y Easley, 1978). La investigación ha demostrado que las concepciones de los estudiantes respecto a los más diversos conceptos científicos (combustión, respiración, fuerza, evolución y movimiento, entre muchos otros) se alejan de las concepciones planteadas por el currículo escolar (Flores, et al, 2002; Duit, 2007). Estas concepciones han sido denominadas de diferentes maneras como preconceptos, errores conceptuales, ideas previas, concepciones alternativas, teorías intuitivas y teorías de los niños (Abimbola, 1988). Todas estas denominaciones implican que las concepciones con las que los sujetos llegan al salón de clases no son aquellas que les permiten entender y explicar los fenómenos desde el punto de vista de la ciencia. Se han realizado muchos esfuerzos instruccionales para tratar de “cambiar” estas concepciones alternativas por aquellas aceptadas desde el punto de vista del currículo escolar. Sin embargo, como señala Duit (1999), ninguna estrategia ha logrado “erradicar” estas concepciones y, en el mejor de los casos, se ha mostrado que las concepciones de la ciencia escolar coexisten con las ideas previas. También se ha mostrado que las ideas de los estudiantes no son consistentes, y su uso parece estar fuertemente ligado al contexto (Pozo y Gómez Crespo, 2005). Actualmente es ampliamente aceptado que los estudiantes tienen diversas formas de aproximarse a los fenómenos y que las concepciones que utiliza un

individuo son sensibles al contexto y dependen del dominio específico (Gallegos y Garritz, 2006).

Estas concepciones o marcos alternativos se han considerado como elementos estables de la cognición, piezas unitarias del conocimiento de los estudiantes. Sin embargo desde perspectivas diversas han surgido cuestionamientos debido a la diversidad de concepciones encontradas en la práctica y a la forma en la que éstas se modifican (Viennot, 1985; Smith, diSessa y Roschelle, 1993). diSessa (1993) propone que el conocimiento de los estudiantes no puede considerarse como constituido por una red estable de conceptos, o como una teoría sino que es conocimiento fragmentario, altamente dependiente del contexto y que la *física intuitiva* es en realidad la expresión de un “sentido intuitivo de mecanismo”. Desde esta perspectiva, denominada también “conocimiento-en-piezas”, se propone que el conocimiento de los estudiantes está formado por recursos conceptuales múltiples (Hammer, 2004), que son elementos de función cognitiva, y por lo tanto requieren desarrollarse y refinarse más que sustituirse o cambiarse por completo como se argumenta desde la perspectiva de las concepciones alternativas (Smith, diSessa y Roschelle, 1993). Los recursos conceptuales se “activan” de acuerdo al contexto y ciertos patrones o marcos de activación pueden resultar más estables, dando lugar a lo que se ha conocido tradicionalmente como “concepciones alternativas” (Hammer, Elby, Scherr y Reddish, 2005).

En este trabajo utilizamos la perspectiva de los recursos conceptuales para tratar de comprender los procesos mediante los cuales los estudiantes construyen explicaciones para distintos fenómenos. Proponemos para ello algunos mecanismos (en un sentido funcional) que los estudiantes utilizan para explicar fenómenos relacionados con la estructura de la materia.

La noción de que la materia es discontinua y está formada por partículas diminutas que se mueven continuamente y tienen espacio entre ellas es una de las ideas más poderosas de la ciencia (Feynman, 1971) y además es un modelo que ejemplifica la manera en la que la ciencia se construye y puede utilizarse para explicar una gran diversidad de fenómenos. Probablemente por ello es una idea que se considera fundamental en un gran número de los currícula de ciencias en el mundo y ha sido ampliamente investigado en términos de concepciones alternativas (v. g. Renstrom, Andersson & Marton, 1990; Gómez Crespo y Pozo, 2004). Muchas de estas investigaciones han demostrado que el conocimiento de los estudiantes en este dominio es inconsistente y que depende fuertemente del contexto y formulación de las preguntas (Gallegos y Garritz, en prensa).

Para tratar de identificar los recursos conceptuales de los estudiantes y analizar con mayor detalle la forma en la que los estudiantes construyen explicaciones para fenómenos relacionados con la estructura corpuscular de la materia, las preguntas de investigación que guían este trabajo son: ¿Qué clase de entidades utilizan los estudiantes para construir sus explicaciones acerca de fenómenos relacionados con la naturaleza corpuscular de la materia? ¿Cuáles son los elementos contextuales más relevantes que se identifican a partir de las explicaciones de los estudiantes? ¿Es posible identificar algunos mecanismos de explicación utilizados por los estudiantes?

### **Metodología**

Para llevar a cabo el presente trabajo realizamos 35 entrevistas semi-estructuradas con estudiantes de entre 13 y 18 años en la ciudad de México. Con el fin de explorar sus recursos conceptuales utilizamos “entrevistas acerca de fenómenos” y “entrevistas acerca de instancias” como las proponen White y Gunstone (1992). Los fenómenos se

presentaron en tres contextos diferentes: mezclas, reacciones químicas y cambios de estado. Durante las entrevistas se pidió a los estudiantes que predijeran qué ocurriría con el fenómeno, y posteriormente que explicaran por qué las cosas ocurrían de esa forma. Las entrevistas tenían una duración de entre 20 y 40 minutos y fueron transcritas para el análisis posterior. Debido a limitaciones propias del estudio (tiempo disponible y concentración de los estudiantes), no todos los fenómenos propuestos fueron presentados en todas las entrevistas.

La aproximación analítica utilizada se basa en la “teoría fundada” (Strauss y Corbin, 1998), la cual propone desarrollar el análisis de los datos en ciclos iterativos de forma que los datos se recogen y analizan al mismo tiempo que se desarrolla una sensibilidad teórica que permite la construcción de categorías relevantes para la comprensión y descripción de las respuestas de los estudiantes.

## **Resultados**

Después de diversos ciclos de análisis de las explicaciones de los estudiantes respecto a los fenómenos presentados y de hacer una amplia revisión de la literatura relativa a procesos de aprendizaje, propusimos una serie de recursos conceptuales tales como primitivos fenomenológicos (diSessa, 1993) y ‘mecanismos’ para describir las explicaciones de los estudiantes. En este trabajo presentamos mecanismos relacionados con la forma en la que las partículas se comportan y que los estudiantes utilizan para construir sus explicaciones. Estos mecanismos permiten un análisis más detallado de la forma en la que los estudiantes construyen sus explicaciones sobre la naturaleza corpuscular de la materia.

Los mecanismos relacionados con el comportamiento de las partículas que son utilizados por los estudiantes son: m1 – tamaño de las partículas; m2 – acciones

mecánicas de las partículas; m3 – espacio entre las partículas; m4 – formación de nuevas partículas; m5 – unión entre partículas; m6 – movimiento de las partículas; m7 – compatibilidad entre partículas.

En primer lugar presentamos el porcentaje de uso de diferentes mecanismos para los diferentes fenómenos relacionados con mezclas.

**Tabla 1**

Fenómeno	Porcentaje de uso						
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7
Etanol / Agua	12	23	44	12	24	24	12
Colorante alimenticio / Agua		25	12		38	50	
Sal / Agua	17	55	28	3	28	52	7
Permanganato de potasio / Agua	5	50	45		30	65	
Arena / Agua	80						
Aceite / Agua	14						70

Tabla 1. Porcentaje de los estudiantes que usan los diferentes mecanismos. En ningún caso suman 100% porque los estudiantes utilizan más de un mecanismo en cada fenómeno.

Como se puede observar, el uso de algunos mecanismos está fuertemente relacionado con algunos fenómenos. Por ejemplo, el mecanismo relacionado con el tamaño de las partículas (m1) se usa con mayor frecuencia en el caso de la mezcla arena – agua, mientras que el mecanismo relacionado con la compatibilidad de las partículas (m7) se usa con mayor frecuencia en el caso de la mezcla aceite – agua. Algunos otros mecanismos como el de ‘acciones físicas’ entre las partículas (m2), son más utilizados cuando en las mezclas hay sólidos que cuando hay solamente líquidos. Los mecanismos pueden utilizarse para analizar las explicaciones de los estudiantes con un nivel mayor de detalle como mostramos en el siguiente extracto de la entrevista con M, una estudiante de 15 años de edad (E se utiliza para señalar las intervenciones del entrevistador).

La actividad en la que se desarrolla esta entrevista es la siguiente: se mezcla un pequeño cristal de permanganato de potasio con agua. El cristal deja unas marcas de color cuando se introduce al agua y posteriormente se deposita en el fondo del vaso desde donde empieza a difundirse lentamente. Con el paso del tiempo toda el agua adquiere una tonalidad morada clara (en el tiempo de la entrevista el color parece concentrarse en el fondo del vaso). Ante ello M responde:

E: Cuando tú dices que el agua se está moviendo, ¿qué es lo que se está moviendo?

M: Las moléculas

E: ¿Cómo te imaginas estas moléculas?

M: No lo sé, las imagino como bolitas pequeñas y muy agitadas así que agarran una y se la llevan de paseo [risas]

(...)

E: Si dejamos todo el sistema así por un rato, ¿qué es lo que crees que va a ocurrir?

M: Creo que la parte de abajo se pondría morada

E: ¿Solamente la parte de abajo?

M: Sí

E: ¿Cómo lo explicaría?

M: mmm, es como si estas [las moléculas de agua] tuvieran a estas [las partículas de permanganato de potasio] agarradas (...) las que agarraron una morada se quedan con ella y se quedan en el fondo y las que están en la superficie no pudieron agarrar ninguna, así que en la parte de arriba tienes solamente agua.

En este caso, M está usando el mecanismo de partículas en movimiento (m6) para explicar sus observaciones (el movimiento de marcas moradas que deja el cristal) y también se refiere a las ‘acciones físicas’ entre las partículas (m2) tales como las partículas agarrándose unas a otras. M se refiere también a la formación de nuevas partículas (m4), con propiedades diferentes, lo cual ocasiona que se queden en el fondo.

Los mecanismos propuestos nos permiten describir las respuestas de M compuestas por unidades mínimas, a las cuales hemos llamado mecanismos. Mediante esta aproximación también se pueden comparar las explicaciones de M para fenómenos diferentes así como comparar las explicaciones que otros estudiantes dan para el mismo fenómeno. Este análisis nos permite identificar cuáles son las características del fenómeno que M considera relevantes y a partir de las que construye sus explicaciones.

### **Conclusiones**

Los mecanismos que hemos propuesto son aquellos que los estudiantes utilizan para explicar los diversos fenómenos presentados y podemos pensar que son componentes ‘mínimos’ de dichas explicaciones, que tienen sentido funcional. Identificar un conjunto de mecanismos para describir las explicaciones de los estudiantes es útil en tanto permite un análisis más detallado de los diferentes elementos considerados por los estudiantes cuando construyen sus explicaciones en un contexto específico. El uso de mecanismos específicos (o de conjuntos de ellos) permite inferir cuáles son las características del fenómeno que se consideran más relevantes y también analizar la consistencia y la coherencia en las concepciones de los estudiantes.

Este trabajo señala nuevas preguntas de investigación respecto a su posible uso para analizar la dinámica del aprendizaje, así como respecto a la forma en la que estos

mecanismos o recursos conceptuales pueden utilizarse en situaciones de aprendizaje para favorecer la construcción del conocimiento.

## Referencias

- Abimbola, I. O. (1988) The problem of terminology in the study of student conceptions in science, *Science Education*, 72 (2), pp.175-184
- diSessa, A. A. (1993) Towards an epistemology of physics, *Cognition and Instruction*, 10 (2&3), pp.105-225.
- Duit, R. (1999) Conceptual change. Approaches in science education. In: W. Schnotz; S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.) *New perspectives on conceptual change* Oxford: Elsevier
- Duit, R. (2007) *Bibliography - Students' and teachers' conceptions and science education*, Disponible en línea: <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html> 9 de abril de 2007.
- Driver, R., y Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Feynman, R. P. (1971) *The Feynman Lectures on Physics*. Addison Wesley
- Flores, F. Tovar, M., Vega, E., Bello, S., et al (2002) *Ideas previas* (base de datos). Disponible en línea <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/> 9 de mayo de 2007.
- Gallegos, L., y Garritz, A. (en prensa) Los perfiles de modelos como una representación individual y grupal de las concepciones de los estudiantes. En I. Pozo y F. Flores (Eds.) *Cambio conceptual y representacional en la enseñanza de la ciencia*. Madrid: Antonio Machado.
- Gómez Crespo, M. A., Pozo, J. I. y Gutiérrez Julián, M. S. (2004) Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química*, 15 (3), 198-209.
- Hammer, D. (1996) More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research. *American Journal of Physics*, 64 (10), 1316 – 1325.



- Hammer, D. (2004) The variability of student reasoning, Lecture 3: Manifold cognitive resources, *Proceedings of the Enrico Fermi Summer School in Physics*, Course CLVI, Italian Physical Society. Disponible en línea:  
<http://www.physics.umd.edu/perg/papers/papers-ee.htm> 9 de mayo de 2007
- Hammer, D., Elby, A., Scherr, R. E. & Reddish, E. F. (2005), *Resources, framing and transfer* In J. Mestre (Ed.) Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective, pp. 89-119. Information Age Publishing.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2002) The particulate nature of matter: challenges in understanding the submicroscopic world. En J. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D.F. Treagust & J. Van Driel (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp.189-212), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M. A. (2005) the embodied nature of implicit theories: the consistency of ideas about the nature of matter. *Cognition and Instruction*, 23, 351 – 387.
- Renstrom, L., Andersson, B., y Marton, F. (1990). Students' conceptions of matter. *Journal of Educational Psychology*, 82, 555-569.
- Smith, J. P., diSessa, A. A., y Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *Journal of the Learning Sciences*, 3(2), 115 - 163.
- Solomon, J. (1993) The social construction of children's scientific knowledge. In. P. J. Black y A. M. Lucas (Eds.) *Children's informal ideas in science* (pp.85-101). London: Routledge
- Taber, K. S. (2001) Shifting sands: a case study of conceptual development as competition between alternative conceptions, *International Journal of Science Education*, 23 (7), 731-753.
- Viennot, L. (1985). Analyzing students' reasoning: Tendencies in interpretation. *American Journal of Physics*, 53(5), 432-436.
- White, R. & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. New York: Falmer Press