

Capacidad de interpretación de fenómenos macroscópicos mediante el uso de la teoría cinético-molecular en alumnos universitarios de Química Básica

Avalis, Carlos A.*; Odetti, Héctor S.*; Contini, Liliana*; Bottani, Eduardo J.**

Resumen

Se observa si los estudiantes de nivel universitario son capaces de explicar algunas de las propiedades del agua y transformaciones macroscópicas utilizando la teoría cinético molecular. Como muestra se seleccionó un grupo de alumnos del curso de Química General de varias carreras que tienen una formación común en matemáticas, química y física.

Introducción

Las dificultades y falencias de los estudiantes para vincular el universo macroscópico con el microscópico han sido estudiadas desde hace mucho tiempo y desde muy variados puntos de vista (ver por ejemplo: De Cudmani, 2000; Ausubel, 1986; Pozo, 1997; Riviére, 1988; Latorre, 2000 y Benarroch, A. 2000). En un estudio reciente dedicado al análisis de la vinculación existente entre la comprensión de un concepto y la capacidad del alumno para resolver un problema (Perren, 2001), se encontró que uno de los problemas más graves que enfrenta un estudiante es la incapacidad de construir un modelo a nivel microscópico de la naturaleza de la materia y su comportamiento (Dominguez, J. M. *et al*, 1998). En general, los alumnos son capaces de resolver una determinada cuestión o explicar un fenómeno en el momento de su evaluación; sin embargo, si se indaga más profundamente, se observa que no son capaces de realizar ni siquiera una representación pictórica rudimentaria de ello.

* Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral.
Pje. "El Pozo" - 3000 Santa Fe - Argentina. T.E.: 0342- 4575212. hodetti@fbc.unl.edu.ar
cavalis@fbc.unl.edu.ar

** INIFTA. UNLP - CONICET - CIC. Casilla de Correo 16, Sucursal 4 (1900).
La Plata. Argentina. ebottani@inifta.unlp.edu.ar

Esta falencia puede tener sus raíces en diversos aspectos que van desde los puramente psicológicos hasta otros claramente metodológicos. Sea cual fuere el o los orígenes de este problema, es evidente que la forma en que se enseña desempeña un papel preponderante.

Desde las ciencias cognitivas se propone que el conocimiento científico se construye mediante el establecimiento de una relación de similitudes entre un hecho y el modelo teórico que lo interpreta, de manera que lleguen a contenerse mutuamente y formen una teoría. La interpretación que se hace de un fenómeno puede llegar a constituirse en un modelo teórico (Campanario, 2000).

Según la Teoría de asimilación de Ausubel, a nivel universitario la formación de conceptos se da por el principio de asimilación: los nuevos significados se adquieren a través de la interacción del conocimiento nuevo con los conceptos o proposiciones previamente aprendidos; por lo tanto, los conceptos científicos se adquieren siempre por relación jerárquica con otros, y sólo pueden aprenderse cuando los conceptos espontáneos se hallan relativamente desarrollados, "al elaborar su lento camino, un concepto cotidiano despeja la trayectoria para el concepto científico y su desarrollo descendente. Crea una serie de estructuras necesarias para la evolución de los aspectos elementales y más primitivos de un concepto". En resumen, no podemos construir el significado de los conceptos científicos sin el referente de los conceptos cotidianos. Es decir, que en el proceso de aprendizaje, los verdaderos conceptos se pueden adquirir por reestructuración, pero sólo es posible si se apoya en los conceptos previos (Riviére, Angel. 1988: *La Psicología de Vigotski*).

Sin entrar a discutir estas teorías, es evidente que ambas tienen al menos un punto en común y es la necesidad de crear un vínculo entre el mundo macroscópico cotidiano y el mundo microscópico que no es visible ni evidente. La comprensión de un modelo que explica un fenómeno macroscópico a partir de las propiedades de las partículas que componen el sistema requiere una cierta capacidad de abstracción que no siempre tienen los alumnos. Este proceso se realiza a través de la construcción de imágenes subjetivas o analogías que intentan establecer el vínculo entre ambos mundos (ver por ejemplo: Galagovsky et al., 2001).

Es por este motivo que en muchos casos las analogías, presentadas sin mayores recaudos o a destiempo, producen un efecto negativo y crean ideas falsas que luego son muy difíciles de erradicar (Bottani, 1991). Este punto está, en cierto modo, vinculado a las tan discutidas "misconceptions".

Es imperativo, en consecuencia, determinar si los alumnos alcanzan a realizar la conexión entre ambas escalas del universo. En caso de que esto se haya

logrado se estaría en condiciones de avanzar en el conocimiento; sin embargo, si no se logra se deberán identificar cuáles son las fallas y tratar de corregirlas. Esta tarea debería realizarse desde las primeras etapas de la formación del alumno y en forma continuada hasta tanto él adquiriera la capacidad de abstracción necesaria para realizarla solo.

Dado que éste no es el caso, el alumno llega a la Universidad con serias deficiencias que deben corregirse en esta instancia. Esto lleva a que el docente deba averiguar cuál es la capacidad de sus estudiantes para realizar, primero, una vinculación entre lo macroscópico y lo microscópico y, en segundo lugar, comprobar si dicho vínculo es correcto.

El objetivo principal de este trabajo consistió en indagar si los alumnos universitarios de Química General, después de estudiar la teoría cinético molecular, eran capaces de explicar propiedades macroscópicas, como el punto de ebullición o el estado de agregación de la materia, a partir de una interpretación microscópica (Caamaño, A. 1997), o si solamente habían logrado adquirir un confuso agregado de verbalismos que no les permitía analizar lo recibido para integrarlo a su estructura cognoscitiva.

Como ejemplo se seleccionó el agua como sustancia por la familiaridad de todos los estudiantes con sus transformaciones y propiedades, dado que son observadas cotidianamente y estudiadas desde su inicio escolar.

Metodología

Para realizar este estudio se utilizó una encuesta de carácter anónimo para la cual disponían de 30 minutos. También se les aclaró que esta encuesta no tenía ninguna injerencia en su nota y concepto como alumno de la asignatura.

Se les propusieron cuatro consignas de las que debían decir si eran verdaderas o falsas. En caso de ser incorrecta tenían que justificar su respuesta, en función de un análisis que relacionara lo microscópico con lo macroscópico.

Tal como se dijo antes, la sustancia elegida fue el agua y las consignas planteadas las siguientes:

- 1- A temperatura ambiente una molécula de agua es líquida.
- 2- Una molécula de agua hierve a 100° C.
- 3- La molécula es la menor porción de una sustancia que conserva las propiedades de la misma.
- 4- La evaporación del agua implica una disminución de la intensidad de las fuerzas intermoleculares.

Muestra

Todas las carreras elegidas para el análisis presentan un ciclo básico con una amplia formación en química, matemática y física, según se desprende del análisis de sus respectivos planes de estudios.

Se seleccionaron 56 alumnos que cursan en forma regular la asignatura Química General que se dicta en la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral. Los alumnos que respondieron la encuesta siguen estudios en distintas carreras: Licenciatura en Biotecnología, Bioquímica, Técnico en Saneamiento Ambiental, Licenciatura en Saneamiento Ambiental y Licenciatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo.

Resultados y Discusión

Los resultados de la evaluación de las pruebas suministradas, que se resumen en las siguientes tablas, fueron calificados como bien o mal en cuanto a la resolución de la cuestión planteada. También se calificaron las justificaciones dadas cuando el alumno consideró errónea la consigna.

Los resultados obtenidos de los 24 alumnos examinados en las carreras Licenciatura en Biotecnología y Bioquímica se muestran en la tabla I:

Tabla 1: Porcentajes de respuestas

Pregunta N°	% sobre 24 alumnos		
	Bien	Mal	No contesta
1	16.67	83.33	-
2	12.50	83.33	4.17
3	79.17	20.83	-
4	87.50	12.50	-

En los casos en que debieron incluir una justificación (preguntas 1 y 2) por considerar erróneo el enunciado planteado, los resultados de la evaluación de las mismas se muestran en la tabla II:

Tabla 2: Porcentajes de justificaciones

Pregunta N°	% Mal	% No Justifica
1	12.5	4.17
2	4.17	8.33

Sorprende el hecho que ningún alumno de este grupo fuera capaz de dar una justificación correcta cuando se le solicitó. En esta tabla los porcentajes se calculan sobre el número de alumnos que incluyeron una justificación. Es interesante notar que la cantidad de alumnos que contestan mal a las consignas 1 y 2 se invierte con respecto a lo observado en las preguntas 3 y 4. Lo mismo ocurre con el resultado obtenido para el otro grupo de alumnos que se presenta a continuación.

Para los 32 alumnos de las carreras de Técnico en Saneamiento Ambiental, Licenciatura en Saneamiento Ambiental y Licenciatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo, los resultados obtenidos son los de la tabla IV:

Tabla 4: Porcentajes de respuestas:

Pregunta N°	% sobre 32 alumnos		
	Bien	Mal	No contesta
1	31.30	68.70	-
2	34.40	62.50	3.10
3	65.60	34.40	-
4	75.00	12.50	12.50

Tabla 5: Porcentajes de justificaciones

Pregunta N°	% Bien	% Mal	% No Justifica
1	12.50	15.60	3.2
2	9.40	15.60	9.40

En este grupo de alumnos hay un porcentaje que justifica adecuadamente su respuesta, sin embargo ambas muestras no son lo suficientemente grandes como para establecer que la diferencia con el grupo anterior sea estadísticamente significativa.

A modo de resumen puede decirse que un 71.50% del total de los alumnos que contestaron las preguntas reconoce a las moléculas como unidades estructurales (contestan bien a la pregunta 3), y el 82.30% entiende que el pasaje a la fase gaseosa implica una disminución en la intensidad de las fuerzas de interacción entre las moléculas (responden correctamente a la pregunta 4).

Por otro lado, también un 87.50% de los alumnos no es capaz de reconocer que los estados de agregación de la materia y sus propiedades físicas son consecuencia de las fuerzas intermoleculares y no de las partículas aisladas (responden mal a las preguntas 1 y 2).

En el estudio realizado por Perren (2001) se demuestra que los alumnos tienen serios problemas para realizar una conexión correcta entre las descripciones microscópicas del universo y el comportamiento macroscópico observado. En su tesis, Perren muestra que la capacidad de resolver problemas numéricos no significa que el alumno comprenda los principios involucrados en los cálculos que realizó. En este sentido, debe notarse que la pregunta 3 de la prueba suministrada en este trabajo se asemeja mucho a un problema numérico ordinario, pues se corresponde al enunciado que el alumno encuentra en los textos y que oye en clase. Es decir, se enfrenta a una situación que reconoce y para su resolución recurre a la memoria; sin embargo, cuando tiene que utilizar el concepto en una situación más elaborada fracasa.

Son muchas las causas que pueden proponerse para explicar este comportamiento. En primer lugar, es posible que el docente cuando enseña no ponga el acento en vincular el mundo microscópico con el macroscópico. Esto obviamente puede corregirse a través de un cambio no muy grande en la forma de enseñar. Otro motivo puede atribuirse a la forma de evaluación imperante en nuestro sistema educativo. En efecto, el alumno sabe que en un examen se le presentarán problemas numéricos o preguntas sobre definiciones para cuya resolución deberá apelar, o bien a algoritmos aprendidos durante las clases de trabajos prácticos o a su memoria para recordar definiciones. La solución, si ésta es la causa, se puede lograr variando la metodología con que los trabajos son desarrollados y obviamente la naturaleza de las evaluaciones.

Otra falencia que se observó en las justificaciones elaboradas por los alumnos es la falta de vocabulario apropiado para responder. Las respuestas esbozadas, en su mayoría, tenían un bajo rigor científico y un elevado grado de «analfabetismo» científico. Esta situación es preocupante y será objeto de un estudio más minucioso debido a que los avances tecnológicos se han introducido en la vida diaria de un modo tan profundo que es imprescindible el manejo, de al menos, un vocabulario técnico correcto. Es condición necesaria, para que una persona

pueda comprender y transformar la realidad en la que está inmersa, que alcance un buen nivel de alfabetización científica (Cajas, F. 2001, Latorre, A.y Sanfelix, F. 2000).

Conclusiones

De las preguntas 1, 2 y 3 se puede inferir que los alumnos reconocen la existencia de un modelo de partícula, pues aceptan la existencia de las moléculas como entes individuales. Sin embargo, al utilizar dicho modelo no tienen en cuenta que los estados de agregación y las propiedades físicas de la materia son consecuencia de las interacciones entre las partículas. Esta “discontinuidad” entre lo macroscópico y lo microscópico debe ser eliminada a toda costa; de lo contrario, el conocimiento adquirido no es tal y se convierte en un conjunto de enunciados sin sentido.

El análisis de las respuestas dadas a la consigna 4 muestra que la mayoría las responde en forma correcta. La falta de coherencia entre los resultados obtenidos para las preguntas 1 y 2 con la 4 puede interpretarse como que el alumno no realiza la conexión entre el comportamiento de una molécula y el de un conjunto de ellas (Domínguez Castiñeiras, J. M. *et al*, 1998).

Los alumnos tienen los conocimientos pero no los utilizan cuando tienen que explicar un comportamiento macroscópico, esto podría deberse a la escasa importancia que se le da a los contenidos en el razonamiento, lo que los lleva a memorizar una serie de elementos del modelo de partículas pero que luego no utilizan y, si lo hacen, es en un contexto alejado de los fenómenos estudiados.

En conclusión, es posible decir que los alumnos tienen los elementos pero sólo los aplican a fenómenos que se discuten en clase y no son capaces de extrapolarlos cuando se cambia la situación, aunque implique un fenómeno similar. Se tiende a abordar los problemas de acuerdo con los conocimientos que más dominan, no necesariamente los más relevantes para su solución (De Cudmani, L. C., Pesa, M. A., Salinas, J. 2000).

Bibliografía

- Ausubel, D. P., et al. (1986): *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Capítulo 4: "Aprendizaje significativo por recepción y retención". 2da. ed. Trillas. México.
- Benarroch, A. (2000): "El desarrollo cognitivo de los estudiantes en el área corpuscular de la materia" en *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), pp. 235-246.
- Bottani, E. J. (1991): "Metodología para el uso de la computadora en la enseñanza. II. Concepción de secuencias educativas en EAC". Anuario Latinoamericano de Educación Química (ALDEQ), pp. 1-14.
- Caamaño, A. (1997): "Concepciones de los estudiantes sobre la estructura de la materia y los cambios estructurales en una reacción química" en *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra. V Congreso, pp. 175-177.
- Cajas, F. (2001): "Alfabetización científica y tecnológica: La transposición didáctica del conocimiento tecnológico" en *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), pp. 243-254.
- Campanario, J. M. (2000): "El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: Estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno" en *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), pp. 369-380.
- Campanario, J. M. y Otero, J. C. (2000): "Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias" en *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), pp. 155-169.
- De Cudmani, L. C.; Pesa, M. A. y Salinas, J. (2000): "Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias" en *Enseñanza de las Ciencias*. 18 (1), pp. 3-13.
- Domínguez Castiñeiras, J. M.; De Pro Bueno, A. y García-Rodeja Fernández, E. (1998): "Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y temperatura: un estudio transversal" en *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), pp. 461-475.
- Galagovsky, L. y Adúriz Bravo, A. (2001): "Modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de modelo didáctico analógico" en *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), p. 231.
- Latorre, A. y Sanfelix, F. (2000): "Alfabetización científico-tecnológica en estudiantes de secundaria y universidad: un análisis experimental" en *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (1), pp. 55-69.
- Perren, M. (2001): "Tesis de Maestría: Comprensión de conceptos químicos y resolución de problemas". Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, UNL.
- Pozo, J. (1997): *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Tercera parte: Aprendizaje por reestructuración. Capítulo VII: "Teorías de la Reestructuración". 5 Edición. Morata. Madrid.
- Rivière, A. (1988): *La Psicología de Vigotski*. Capítulos V y VI. Aprendizaje Visor. Madrid.