

# La teoría cinética molecular y el aprendizaje de la Química

Fabián Ibáñez\* y Vicente Gianna\*

## ABSTRACT (Corpuscular kinetic model in the learning of chemistry)

In this work our investigations concerns the students' alternative conceptions on the structure of matter as they arrive to a dynamical particle interactive system (something that entails to accept a microscopic model through which macroscopic properties can be explained), and to what degree and way these conceptions are modified by further instruction. In order to achieve this, some questionnaires were applied to students and their answers were statistically processed. The alternative conceptions are compared through middle school up to the first two years College Chemistry. This study shows the great resistance to extinction of certain alternative conceptions that remain "immune" to the teaching process, still at the university level. In the study the peculiar difficulties of science learning — an particularly those for chemistry learning — are considered, such as those mentioned by Nersessian (1992), who writes that a substantial part of the bibliography considers that after pupils have studied physics, including those that have learnt to accomplish exercises, have not learnt "the conceptual scientific structure of this science". Something very similar occurs in the learning of chemistry.

**KEYWORDS:** alternative conceptions, learning, corpuscular, kinetic particle model

## Introducción

En diversas investigaciones (Nussbaum, 1992; Driver, 1990) se muestra cómo un *conocimiento cotidiano* y ciertas concepciones alternativas compiten, con ventaja, con el conocimiento científico que se intenta transmitir a través de la escuela. Se ha trabajado sobre el modelo cinético corpuscular que construyen los alumnos a lo largo de la escuela media y primeros años de la carrera de Ingeniería Química. Como en trabajos anteriores (Gianna *et al.*, 2007), sostenemos que un conocimiento científico sobre el llamado modelo corpuscular, en contraposición del mencionado *conocimiento cotidiano*, propiciaría una comprensión de la química más apta para superar los supuestos o principios subyacentes diferentes a los que estructuran las teorías científicas. De esta forma, el conocimiento científico ayudará a vencer gran parte de las dificultades de aprendizaje de la ciencia en el contexto escolar.

## Pertinencia del trabajo

- Revisión y corrección del currículo en Ciencias en el nivel medio.
- Profundización del estudio de la estructura de la materia y sus propiedades.

---

\*Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Escuela de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Córdoba, República Argentina.

**Correos electrónicos:** loloibanez@gmail.com y vgianna@efn.uncor.edu

**Fecha de recepción:** 11 de noviembre 2010.

**Fecha de aceptación:** 28 de octubre 2011.

- En este trabajo se determinan y analizan las concepciones alternativas que tienen los alumnos del nivel medio y del 2° año de la Facultad sobre el modelo cinético corpuscular de la materia.

## Objetivos del trabajo

- Determinar el grado de estabilidad de las concepciones alternativas.
- Confirmar los datos obtenidos en otros trabajos de investigación y determinar connotaciones propias de nuestro medio.

## Metodología

A partir de los resultados obtenidos en otras investigaciones (Nussbaum, 1992; Gómez Crespo y Pozo, 2001; Pozo *et al.*, 1999) se diseñaron cuestionarios de opción múltiple y/o respuesta abierta dirigidos a analizar las representaciones de los estudiantes sobre el modelo cinético corpuscular.

Las preguntas hacen referencia a los tres estados de la materia a fin de determinar la relación funcional entre la estabilidad de las concepciones alternativas sobre los distintos estados. Se formularon preguntas cerradas (de opción múltiple) y abiertas con un total de nueve ítems, donde es posible discriminar entre un enfoque desde la concepción científica y otros enfoques cotidianos o no científicos. En la tabla 1 se presentan las frecuencias de distintas respuestas correctas.

## Procesamiento de los datos obtenidos

Se aplicó una distribución Chi cuadrado sobre el porcentaje de respuestas correctas a la misma pregunta en los distintos años para determinar si las diferencias son estadísticamente significativas. Se determinó el porcentaje de respuestas

correctas para el cuestionario, con un mínimo del 70% para considerar que el alumno sí es capaz de aplicar en forma lógica y coherente los conceptos aprendidos. Se aplicó el test exacto de Fisher para determinar si se verifica la hipótesis nula, en este caso, la igualdad de dos proporciones poblacionales, para dos grupos independientes, tomando como criterio la probabilidad de la diferencia de proporciones.

**Pregunta 1:** *Sobre una mesa hay un alambre de cobre grueso, un vaso que contiene agua y un frasco cerrado que contiene un gas, por ejemplo helio. Si dispusieras de un medio que te permitiera ver las partículas que forman estas sustancias, realiza sobre las figuras un esquema de lo que observarías en cada caso* (Gentil et al., 1989)

Con esta pregunta se determinó si el alumno considera que la distancia entre las partículas es diferente para los diversos estados de la materia.

Se observó que hay una clara tendencia del desvío al aumentar el año al cual pertenece el alumno. La respuesta que corresponde a la concepción científica tuvo preeminencia y se pudo observar un ligero crecimiento de esta concepción hasta llegar al máximo posible para los alumnos de la Facultad.

**Pregunta 2:** *Si hay algunas diferencias en las representaciones explica a qué se deben considerando tus conocimientos del modelo cinético corpuscular de la materia.*

Con esta pregunta cuya respuesta es abierta se intentó determinar si el alumno es capaz de explicar las diferencias en la energía cinética media y tipo de movimiento de las partículas que forman las tres sustancias en distintos estados. Acá también la concepción científica tuvo un ligero crecimiento pero sin alcanzar el valor máximo. La mayor parte de las concepciones alternativas correspondieron a tratar de explicar las diferencias desde el punto de vista macroscópico, como por ejemplo que los gases tienden a ocupar todo el volumen disponible, o que los líquidos pueden fluir y los sólidos no, etc.

**Pregunta 3:** *Si tomas un trozo de hielo y lo colocas en un recipiente y a éste lo calientas, observarás que el agua pasa del estado sólido (hielo) al estado líquido (agua líquida) y si lo continúas calentado pasa al estado gaseoso (vapor de agua). ¿Cómo explicas estos cambios desde el punto de vista microscópico?*

La concepción científica predominó 3:1 con predominio de las explicaciones macroscópicas, por ejemplo describieron las propiedades y diferencias entre cada uno de los estados del agua. Algunos alumnos de la Facultad intentaron explicar desde el punto de vista microscópico pero no considerando el modelo cinético corpuscular sino, por ejemplo, los enlaces puente de hidrógeno que hay en el agua en el estado sólido y líquido.

**Pregunta 4:** *En una jeringa de vidrio hay un gas coloreado; al tirar del émbolo se observa que el color del gas se va haciendo cada vez más claro. La temperatura de la jeringa se mantiene constante. ¿Cómo explicas esto desde el punto de vista microscópico, teniendo en cuenta el modelo cinético corpuscular?*

**Tabla 1.** Frecuencia de respuestas correctas.

Población a la que se aplicó		
EGB3	Ciclo Polimodal	Ingeniería Química
1°: 32	4°: 69	2°: 34
2°: 62	5°: 73	
3°: 47	6°: 70	

Total: 435 alumnos.

Se pretendió con esta pregunta obtener respuestas abiertas sobre las distancias entre las partículas manteniendo la temperatura constante.

Las concepciones científicas y alternativas estuvieron casi equilibradas y estas últimas correspondieron en un gran porcentaje en considerar que entra aire que diluye el gas coloreado. Pero además se observó una marcada tendencia creciente en las respuestas que corresponden a la concepción científica.

**Pregunta 5:** *Si tomas una jeringa que contiene un gas coloreado y la colocas en un vaso que contiene agua, al calentar el agua se observa que a medida que la temperatura del agua aumenta, el émbolo se desplaza hacia arriba (como se ve en las figuras de abajo). El resultado de la observación es que el color del gas se va aclarando a medida que el émbolo sube. ¿Cómo explicas esto?*

Se pretendió determinar si el alumno es capaz de diferenciar con relación a la pregunta anterior en que permanecía la temperatura constante, ya que en esta pregunta no sólo cambian las distancias entre las partículas sino también las energías cinéticas al variar la temperatura.

En este caso se invirtió la relación entre concepciones alternativas y científica. La concepción alternativa más común es que entra vapor de agua a la jeringa y por eso el gas se aclara. Se pudo observar que ante una situación problemática más compleja hasta los alumnos de la Facultad tuvieron dificultad de aplicar el modelo cinético corpuscular de la materia.

**Pregunta 6:** *En un cuerpo sólido en reposo: ¿cómo crees que estarán las partículas que forman el sólido?: a) En estado de reposo, b) En vibración permanente, c) Sólo se moverán si se mueve el recipiente, d) Sólo se moverán si se cambia su temperatura.*

Sólo el 33% da la respuesta científica y la concepción alternativa predominante fue que las partículas en el estado sólido están en estado de reposo. Se observó un salto importante de 6° año a 2° de la Facultad, lo cual pondría de manifiesto la enseñanza recibida

**Pregunta 7:** *En un recipiente cerrado en reposo que contiene aire: ¿cómo crees que estarán las partículas que forman el aire?: a) En estado de reposo, b) En movimiento permanente, c) Sólo se moverán si se mueve el recipiente, d) Sólo se moverán si se cambia su temperatura* (Furió y Hernández, 1983)

La respuesta de mayor frecuencia fue la esperada ya que en el

## Preguntas 6, 7 y 8

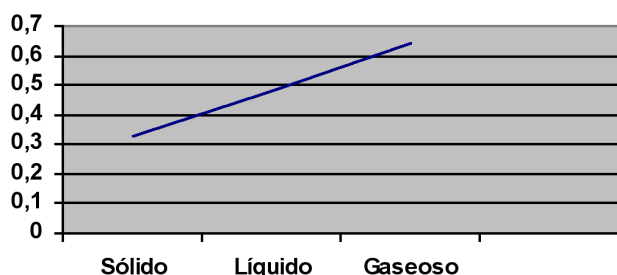


Figura 1. Proporción de alumnos que responden correctamente sobre cada estado.

estado gaseoso es donde los alumnos mejor interpretan y aplican el modelo cinético corpuscular.

**Pregunta 8:** *En un recipiente en reposo que contiene agua: ¿cómo crees que estarán las partículas que forman el agua?: a) En estado de reposo, b) En movimiento permanente, c) Sólo se moverán si se mueve el recipiente, d) Sólo se moverán si se cambia su temperatura.*

En este caso la concepción científica tuvo un porcentaje mayor que en el estado sólido pero menor que en el estado gaseoso. Los alumnos tendieron a aplicar al sistema líquido propiedades atribuidas a los sólidos.

### Dependencia de las concepciones con los estados de la materia

Con estas tres preguntas se trató de determinar la relación funcional entre el movimiento de las partículas y los estados de la materia. Si analizamos la figura 1 se puede determinar que hay una relación funcional entre la dificultad de aplicar la concepción científica (movimiento de las partículas) y los estados sólido, líquido y gaseoso.

**Pregunta 9:** *En un recipiente que contiene un gas, ¿por qué las partículas no caen al fondo del recipiente? ¿Qué las mantiene suspendidas? Explicalo con base en el modelo cinético corpuscular de la materia.*

Con esta pregunta se determinaron cuáles son las concepciones

Tabla 2. Valores de la “p” asociada al test exacto de Fisher para las distintas muestras.

Curso	Aprobados (70%)	Total	% aprobados	P <sub>dif</sub>	Años comparados
1°	1	32	3,1	—	—
2°	2	68	2,9	1	1° y 2°
3°	3	47	6,4	0,647	2° y 3°
4°	17	68	25,0	0,0116	3° y 4°
5°	19	74	25,7	1	4° y 5°
6°	28	70	40,0	0,077	5° y 6°
2° Fac.	28	34	82,4	0,000052	6° y 2° Fac.

nes alternativas o si el alumno es capaz de explicar esto con base en el modelo cinético corpuscular.

### Principales concepciones alternativas usadas por los alumnos en cada pregunta

- Pregunta N° 2: “No son iguales las moléculas de una sustancia en estado sólido o líquido que las moléculas de la misma sustancia en estado gaseoso”
- Pregunta N° 3:
  - “Las partículas van disminuyendo según las temperatura (energía) que se les dé”
  - “Las partículas sólidas se hacen líquidas”
  - “Desaparecen las partículas de sólidos y se transforman en partículas de líquidos”
  - “El calor va haciendo a las partículas más livianas hasta que son como el aire y suben”
- Pregunta N° 4: “Se van diluyendo en algo (por ejemplo agua) el aire”
- Pregunta N° 5: “Las partículas se van llenando de aire”
- Pregunta N° 9:
  - “Existe un colchón de moléculas de aire que sostiene suspendidas las moléculas de un gas”
  - “La gravedad no afecta a las moléculas de los gases pero sí a la de los líquidos o sólidos”
  - “Entre las moléculas de un gas hay aire (aire, partículas de gases)”
  - “Entre las partículas del aire hay:
    - partículas más pequeñas”
    - Aire”
    - Otros gases ”
    - Dióxido de carbono”
    - Oxígeno”

### Análisis

Aplicando Chi cuadrado se cumple la hipótesis nula para el 84,30% de las preguntas. Además, no hay diferencias significativas para los distintos años del sistema educativo. Esto pone de manifiesto que la incidencia de la instrucción es prácticamente nula.

### La prueba o test de la probabilidad exacta de Fisher

La prueba de la probabilidad exacta de Fisher es una técnica no paramétrica sumamente útil para analizar datos discretos para dos muestras independientes que son pequeñas (Siegel, 1979).

Es útil para determinar la significación de la diferencia entre dos muestras independientes.

Se considera la hipótesis nula  $H_0$  que corresponde a que las muestras presentan iguales proporciones; es decir, que estadísticamente no hay diferencias entre las dos muestras, y  $H_1$  que esta proporción es significativamente diferente y las muestras son estadísticamente diferentes.

Con el software InfoStat se calcularon los valores de la “p” asociada al test exacto de Fisher para las distintas muestras

(tabla 2). Este valor de “p” indica la probabilidad de obtener una diferencia entre las muestras. Si esta probabilidad es pequeña ( $p < 0.05$ ) se deberá rechazar la hipótesis nula y deberemos asumir que entre las dos muestras no hay diferencias estadísticas significativas. En caso contrario, se dirá que no existe evidencia estadística de diferencia entre las muestras.

### Test de Fisher- Cuestionario sobre el modelo cinético corpuscular

La forma de entender este test es la siguiente:  $p_{dif}$  representa la probabilidad de que no haya diferencia entre dos poblaciones, es decir, en nuestro caso habría un 64,7% de probabilidad de que no haya diferencia significativa entre los grupos de 2° y 3° años del Tercer ciclo de la Enseñanza General Básica (EGB3). En cambio, entre 6° del secundario y 2° de la Facultad la probabilidad de que no haya diferencia es del 0,0052%, o sea, que hay una probabilidad de 99,9948% de que las poblaciones sean significativamente distintas.

La aplicación del test exacto de Fisher pone de manifiesto que las diferencias de proporciones se hacen significativas entre el EGB3 y el ciclo de especialidad, una diferencia importante entre 5° y 6° y más importante aún entre 6° del secundario y el 2° de la Facultad.

Las diferencias no son significativas en los tres primeros años del nivel medio ni entre 4° y 5° de la especialidad, y esto puede explicarse si se considera que en el EGB3, el modelo cinético corpuscular de la materia se enseña de manera bastante superficial (Contenidos Básicos Comunes, 2009).

Del análisis de los párrafos anteriores puede inferirse que no se cumple la hipótesis supuesta, ya que la enseñanza modifica de manera parcial en el nivel medio las preconcepciones de los alumnos (Contenidos Básicos, 2009) y de manera casi total en la Universidad.

En las respuestas a esta pregunta predominan las concepciones alternativas, lo cual pone de manifiesto que los alumnos no son capaces de aplicar el modelo cinético corpuscular a situaciones más complejas. La concepción alternativa predominante es que las partículas se mantienen suspendidas porque hay un colchón de moléculas de aire (en algunos casos de otro gas) que les impide caer al fondo del recipiente. Otras concepciones menos frecuentes son que las moléculas son más livianas (sin especificar con relación a qué) o que no hay gravedad o que las moléculas no tienen peso.

### Conclusiones

Con base en los resultados de la investigación se propondrían estrategias alternativas de estos temas, con enfoques didácticos basados en el tratamiento de situaciones problemáticas, destinadas a propiciar un cambio conceptual y didáctico que permita a los alumnos aprender mejor.

### Referencias

Contenidos Básicos Comunes para la Educación General Básica, 1°, 2° y 3° ciclo. Ministerio de Cultura y Educación.

- República Argentina, 2009.
- Contenidos Básicos para la Educación Polimodal. Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, 2009.
- De Posada Aparicio, J. M., Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido, *Enseñanza de las Ciencias*, **11**(1), 12-19, 1993.
- Driver, R., Más allá de las apariencias: la conservación de la materia en transformaciones físicas y químicas. En: Driver, R., Guesne E. y Tiberghien, A. (eds.). *Las ideas de los niños en el aprendizaje de las ciencias*, pp. 225-258. Madrid: Morata, 1990.
- Engel Clough, E. y Driver, R. A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts, *Science Education*, **70**(4), 473-496, 1986.
- Furió, C. y Hernández, J., Ideas sobre los gases en alumnos de 10 a 15 años, *Enseñanza de las Ciencias*, **1**(2), 83-91, 1983.
- Gentil, C., Iglesias, A. y Oliva, J. M., Nivel de apropiación de la idea de discontinuidad de la materia en alumnos de bachillerato. Implicaciones didácticas, *Enseñanza de las Ciencias*, **7**(2), 126-131, 1989.
- Gianna, V., Gonzales, E., Ibañez, F., Los preconceptos sobre el vacío y su incidencia en el aprendizaje de la Química, *Journal of Science Education*, **8**(1), 28-32, 2007.
- Gómez Crespo, M. A.; Pozo, J. I., *Las teorías sobre la estructura de la materia: discontinuidad y vacío*. Parte del Proyecto de Investigación PB98-095 concedido por la DGICYT, 2001.
- Gómez Crespo, M. A., Pozo, J. I., Sanz, A. y Limón, M., La estructura de los conocimientos previos: una propuesta de núcleos conceptuales, *Investigación en la Escuela*, **18**, 23-40, 1992.
- InfoStat es un software estadístico desarrollado por un equipo de trabajo conformado por docentes-investigadores de Estadística y Biometría y de Diseño de Experimentos de la Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC).
- Nersessian N., Constructing and Instructing: the role of “Abstraction Techniques” in Creating and Learning Physics. In: Richard A. Duschl and Richard J. Hamilton (eds.). *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*, pp. 48-69. Albany, USA: State University of New York Press, 1992.
- Nussbaum, J., La constitución de la materia como conjunto de partículas en la fase gaseosa. En: Driver, R., Guesne E. y Tiberghien, A. (eds.), *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, Cap. VII, pp. 196-224. Madrid: Morata, 4ª ed., 1999.
- Oliva, J. M., Estudios sobre la consistencia en las ideas de los alumnos en ciencia, *Enseñanza de las Ciencias*, **14**(1), 87-92, 1996.
- Pozo, J. I., Gomez Crespo, M. A., *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata, 1998.
- Siegel, S. *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*, pp. 121-130. México: Trillas, 1979.